

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Г. А. ФЕДОТОВ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ФОТОГРАФИИ

123456

12345

123

1

12

12

1

34

123

1234



Г. А. ФЕДОТОВ

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
И
ЭЛЕКТРОННЫЕ
УСТРОЙСТВА
ДЛЯ
ФОТОГРАФИИ**

2-е издание, переработанное
и дополненное



Ленинград
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
Ленинградское отделение
1991

ББК 37.94
Ф34
УДК 621.38: 77

Рецензент С. А. Калашников

Федотов Г. А.
Ф34 Электрические и электронные устройства для фотографии. —
2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние,
1991. — 96 с.: ил.
ISBN 5-283-04537-4

В книге приведены электрические схемы, конструкции устройств
и приборов, применяемых при фотосъемке и фотопечати. Даны рекомен-
дации по их изготовлению и настройке. Первое издание вышло в 1985 году.
Книга предназначена для фотолюбителей, увлекающихся конструиро-
ванием и модернизацией электрических устройств для фотографии.

Ф 2302030000—103
051(01)—91 197—91 ББК 37.94

Издание для досуга

ФЕДOTOV ГЕННАДИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ФОТОГРАФИИ**

Редактор С. П. Левкович
Художественный редактор Т. Ю. Теплицкая
Технический редактор Н. А. Минеева
Корректор Н. Д. Быкова

ИБ № 2851

Подписано в печать с оригинала-макета 10.12.90. Формат 60 × 88¹/₁₆. Бумага оф-
сетная № 2. Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная: Усл. печ. л. 5,88. Усл. кр.-
отт. 6,11. Уч.-изд. л. 6,5. Тираж 350 000 экз. Заказ 1662. Цена 1 р. 50 к.

Энергоатомиздат, Ленинградское отделение.
191065, Ленинград, Д-65, Марсово поле, 1.

Ленинградская типография № 4 Государственного комитета СССР по печати.
191126, г. Ленинград, Социалистическая ул., 14.

ISBN 5-283-04537-4 © Энергоатомиздат, 1985
© Г. А. Федотов, 1991

ПРЕДИСЛОВИЕ

Многие годы электричество в фотографии применялось в основном
для искусственного освещения фотографируемых объектов лампами
накаливания. Электрическая лампа накаливания — это простой, но
недостаточно мощный источник света, требующий сравнительно про-
должительных выдержек. В настоящее время в фотографии весьма
широкое распространение получили электронные фотовспышки, явля-
ющиеся источником высокоинтенсивного импульсного света. Излуча-
емый ими свет по спектральному составу близок к солнечному и по-
этому годен к использованию как для черно-белой, так и для цветной
фотографии.

С каждым годом увеличивается ассортимент электрических
устройств, применяемых с различными целями в фотографии. Помимо
упомянутых электронных фотовспышек сюда относятся реле времени,
экспонометры для определения выдержек как при съемке, так и при
фотопечати, автоматические терморегуляторы, источники питания
фотовспышек и экспонометры и т. д.

За время, прошедшее после выхода первого издания, появилось
много новых приборов для фотографии. Все более широко распростра-
няются приборы, разработанные на микросхемах. Поэтому в книге
были сокращены сравнительно старые и не вызывавшие интереса у фото-
любителей разработки и включены новые на микросхемах (реле време-
ни и др.).

С 1 января 1987 года введен новый ГОСТ 10691—84 на светочув-
ствительность фотоматериалов. В настоящее время в обращении имеются
изделия с новой и старой маркировкой чисел светочувствительности
(их соотношение приведено в приложении). Автор не считал возможным
вносить изменения, обусловленные новым ГОСТ в разработки, выпол-
ненные авторами по старому ГОСТ.

В приложении приведены основные справочные данные по фото-
приборам.

В начале каждой главы дается сравнительно простой теоретиче-
ский материал, рассчитанный на начинающих фотолюбителей. Он по-
могает понять процессы, которые с помощью электронных приборов
можно упростить, проконтролировать и автоматизировать.

Большое внимание уделяется описанию работы электрических схем фотовспышек, их усовершенствованию, приборам для определения выдержек при фотопечати, реле времени и др. Предпочтение отдавалось сравнительно простым приборам, которые можно самостоятельно изготовить. С этой целью в книге дается подробное описание схем, методов их настройки, а для многих из них приведены печатные платы и перечень деталей, аналогичных и равноценных указанным в схемах.

По сравнению с первым изданием в книгу внесены современные разработки и сокращены те, которые не вызвали интереса у читателей. Для удобства читателей в приложении приведены справочные данные о фотосопротивлениях и фотодиодах, а также числа светочувствительности по новому и старому ГОСТ.

Замечания и пожелания по книге просьба направлять по адресу: 191065, Ленинград, Марсово поле, д. 1. Ленинградское отделение Энергоатомиздата.

Автор

ГЛАВА 1

ЭЛЕКТРОННЫЕ ФОТОВСПЫШКИ

1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ФОТОВСПЫШКИ

Электронная фотовспышка — это искусственный импульсный источник света, позволяющий достаточно хорошо осветить фотографируемый объект. Такой источник позволяет проводить фотосъемку при любом освещении и позволяет четко зафиксировать на пленке быстро движущиеся объекты.

Фотовспышку можно устанавливать на фотоаппарате и на штативе, ее можно держать в одной руке, а фотоаппарат — в другой, можно сочетать естественное освещение и искусственное освещение от фотовспышки, можно при съемке применять одну, две или несколько фотовспышек. Разнообразие способов и возможностей применения фотовспышек обусловило широкий интерес, проявляемый к ним в фотографии.

Принцип работы электронной фотовспышки рассмотрим, воспользовавшись схемой, приведенной на рис. 1, а. Электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения, резистора, конденсатора и газоразрядной лампы. От источника постоянного напряжения конденсатор заряжается (время заряда t_z , рис. 1, б) до напряжения возникновения (зажигания $U_{зж}$) газового разряда в лампе. Происходит ионизация газа в баллоне, сопровождаемая свечением. Внутреннее сопротивление лампы резко уменьшается и разряд конденсатора (время разряда t_p) протекает в течение доли секунды. Электрическая энергия, накопленная в конденсаторе, преобразуется в световую энергию газового разряда. По мере разряда конденсатора напряжение на нем уменьшается, становится недостаточным для поддержания разряда (напряжение гашения U_r) и лампа гаснет. Конденсатор вновь начинает заряжаться от источника и процесс повторяется.

В рассмотренной нами цепи процесс заряда и разряда конденсатора неуправляемый, он не контролируется, а свечение неоновой лампы использовать для фотосъемки невозможно.

В фотовспышках применяют специальные импульсные лампы, представляющие собой стеклянную трубку, наполненную инертным газом, обычно ксеноном. В момент разряда накопительного конденсатора происходит мгновенное свечение газа очень большой яркости. Спектральный состав излучаемого света близок к солнечному, и по-

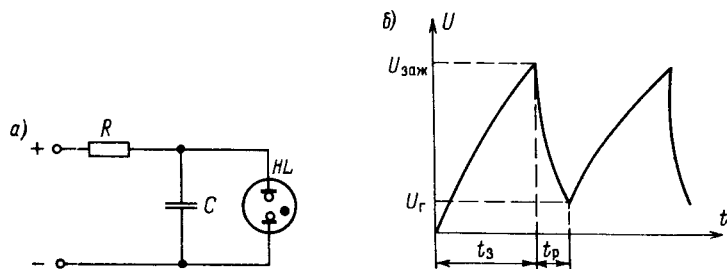


Рис. 1. Принцип действия фотовспышки: а — схема; б — временная диаграмма

этому эти лампы можно применять как при черно-белой, так и цветной фотографии. В табл. 1 приведены параметры некоторых импульсных ламп.

Для возникновения вспышки необходимо ионизировать газ внутри баллона лампы. Это осуществляется с помощью высокого напряжения, подаваемого на внешний электрод лампы, представляющий собой провод, намотанный на трубку лампы. С целью получения поджигающего напряжения лампы в электрическую цепь фотовспышки вводят дополнительные элементы, показанные на рис. 2.

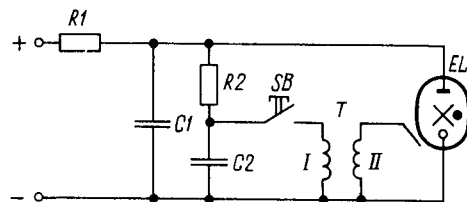


Рис. 2. Принципиальная схема фотовспышки

От источника постоянного напряжения конденсатор $C2$ через резисторы $R1$ и $R2$ заряжается до напряжения источника (рабочего напряжения). При замыкании кнопки SB конденсатор $C2$ разряжается через первичную обмотку поджигающего трансформатора T , в результате чего в ней появляются высокочастотные (около 500 кГц) затухающие колебания. Число витков вторичной обмотки в 100...200 раз больше числа витков первичной, поэтому в момент нарастания тока в первичной обмотке во вторичной наводится высокое напряжение (несколько тысяч вольт), приводящее к ионизации газа.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОВСПЫШЕК

К техническим показателям фотовспышек, характеризующим их свойства, относятся: ведущее число, электрическая энергия вспышки, продолжительность вспышки, угол рассеяния света, вид источника питания и его напряжение.

Ведущее число характеризует осветительные свойства фотовспышки, по нему можно выбрать нужную диафрагму, чтобы на определенном расстоянии от фотовспышки получить нормально экспонированный негатив. Ведущее число N определяется как произведение числа диафрагмы K на расстояние l от вспышки до фотографируемого объекта (в метрах):

$$N = Kl.$$

Ведущее число зависит от энергии вспышки, угла рассеяния светового пучка, конструкции отражателя (формы, размеров, качества поверхности) и чувствительности пленки. Обычно в инструкциях по эксплуатации фотовспышек указывается ведущее число для пленки чувствительностью 65 ед. ГОСТ. Для каждого типа фотовспышки оно определяется практически. При переходе к пленке другой чувствительности S_x ведущее число N_x находят по формуле

$$N_x = N \sqrt{\frac{S_x}{65}},$$

Таблица 1

Тип лампы	Энергия вспышки, Дж	Рабочее напряжение, В	Напряжение зажигания, В	Напряжение самопобоя, В	Емкость накопительного конденсатора, мкФ	Фактор нагрузки, мкФ · кВ	Средняя мощность рассеиваемая лампой, Вт	Минимальный интервал между вспышками, с	Длительность вспышки, мс	Световая энергия, лм · с	Емкость конденсатора поджига, мкФ	Срок службы, тыс. импульсов	Масса, г
ИФК 20	20	130	100	700	2500	0,7	2	10	0,2	250	0,1	10	3,5
ИФК 50	50	200	140	1000	2500	4	5	10	0,4	900	0,1	10	4,5
ИФК 120	120	300	180	1000	2700	21	12	10	1,2	2500	0,1	10	8
ИФК 500	500	500	400	3000	4000	250	33	15	8	10000	4	10	60
ИФБ 300	300	300	240	4000	6500	52	40	7,5	8	5000	0,5	10	30
ИФП 200	200	500	450	2000	1600	100	27	7,5	1,3	4000	1,0	10	35
ИФП 500	500	500	450	3000	4000	250	66	7,5	7	10000	1,0	10	50
ФП 0,04	40	300	250	1000	800	6,5	4	10	0,5	1100	0,1	2,5	15

где N — ведущее число вспышки при светочувствительности 65 ед. ГОСТ.

При изменении светочувствительности пленки в два раза ведущее число изменяется в 1,41 раза.

Процесс вспышки кратковременен, и поэтому выбор экспозиции возможен только путем изменения диафрагмы:

$$K = N/l.$$

Зная ведущее число, можно рассчитать калькулятор фотовспышки, позволяющий найти число диафрагмы в зависимости от светочувствительности фотопленки и от расстояния между фотовспышкой и фотографируемым объектом.

На рис. 3 показан калькулятор фотовспышки ФИЛ-41М. При определении значения диафрагмы вращением внешнего диска 1 калькулятора устанавливают отметку, обозначающую чувствительность пленки, против стрелки, находящейся на внутреннем диске 2 в зависимости от расстояния в метрах (м) или футах (ft).

Основное требование, предъявляемое к фотовспышкам, — это высокая освещенность объекта. Световая энергия определяется как произведение среднего светового потока вспышки на ее длительность и пропорциональна электрической энергии заряда конденсатора:

$$W = CU^2/2,$$

где W — энергия заряда, Дж; C — емкость конденсатора, Ф; U — напряжение, до которого заряжается конденсатор, В.

Изменяя емкость C и напряжение заряда конденсатора U , можно регулировать энергию вспышки. Например, если напряжение заряда конденсатора $U = 300$ В, емкость $C = 800$ мкФ, то электрическая энергия вспышки

$$W = 10^{-6} \cdot 800 \cdot 300^2/2 = 36 \text{ Дж.}$$

В действительности конденсатор разряжается через лампу не полностью (см. рис. 1, б) и, следовательно, энергия вспышки получается несколько меньше, чем энергия заряда:

$$W = C(U_{\text{заж}}^2 - U_{\Gamma}^2)/2,$$

где U_{Γ} — напряжение гашения (обычно 50–60 В). Поэтому в нашем примере получим более точное значение энергии вспышки:

Рис. 3. Калькулятор импульсной фотовспышки ФИЛ-41М

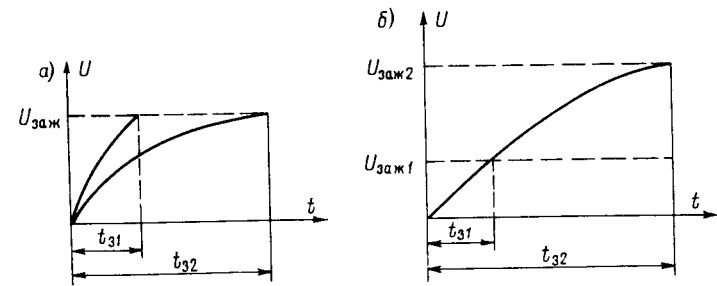
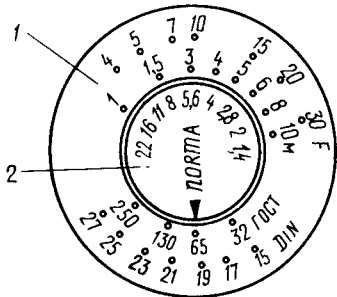


Рис. 4. Влияние емкости, сопротивления и напряжения на время заряда конденсатора: а — влияние емкости и сопротивления; б — влияние напряжения

$$W = 10^{-6} \cdot 800(300^2 - 50^2)/2 = 35 \text{ Дж.}$$

Для практических расчетов такая погрешность вполне допустима. Время заряда накопительного конденсатора $C1$ (см. рис. 2) определяет готовность фотовспышки к работе. Очевидно, чем быстрее зарядится конденсатор $C1$ до рабочего напряжения лампы, тем чаще можно делать вспышки. Чем больше емкость накопительного конденсатора $C1$ и чем больше сопротивление резистора $R1$, тем больше нужно время $t_{32} > t_{31}$, чтобы напряжение на конденсаторе достигло значения $U_{\text{заж}}$ (рис. 4, а). При увеличении напряжения $U_{\text{заж}}$, до которого заряжается конденсатор, и неизменных значениях $C1$ и $R1$ время заряда также увеличивается: $t_{32} > t_{31}$ (рис. 4, б). Рабочее напряжение и емкость накопительного конденсатора определяется фактором нагрузки $H = CU^4$, превышать который недопустимо.

Во время вспышки выделяется не только световая энергия, но и тепловая. Это приводит к нагреву импульсной лампы и элементов схемы. Поэтому исходя из средней допустимой мощности рассеяния лампы устанавливают допустимый период следования вспышек

$$t = W/P_{\text{ср}},$$

где W — энергия заряда, Дж; $P_{\text{ср}}$ — средняя мощность, Вт. Указанный в техническом паспорте фотовспышки период следования не должен уменьшаться при ее эксплуатации.

Конденсатор разряжается через сравнительно малое внутреннее сопротивление лампы, и поэтому продолжительность вспышки незначительна, от десятых долей до единиц миллисекунд. Обычно длительность вспышки измеряется временем, в течение которого световой поток уменьшается до 35% своего максимального значения.

Источники питания электронных фотовспышек весьма разнообразны. У одних фотовспышек ("Молния", "Луч-59") — это высоковольтная батарея постоянного тока напряжением 300 В, у других (ФИЛ-6., "Свет", "Фотон") — сеть переменного тока напряжением 127 и 220 В, наконец, у третьих (ФИЛ-5) — низковольтные источники напряжения (аккумуляторы, низковольтные батареи). Имеется весьма большая группа фотовспышек, которые могут работать либо от сети переменного тока, либо от источника постоянного тока.

В качестве источника постоянного тока применяют батарею типа 330-ЭВМЦГ-1000 с номинальным рабочим напряжением около 300 В. Этот способ питания имеет ряд недостатков, к которым относятся: большая масса батареи, достигающая 2 кг, довольно крупные ее габариты, интенсивный разряд батареи при частом использовании и замедленный при хранении. Однако простота схемы фотовспышки, ее автономность, высокая надежность стали решающими факторами, обусловившими использование батарей.

В фотовспышках, питающихся от сети переменного тока, обычно применяют однополупериодный выпрямитель (рис. 5, а). Во время положительного полупериода (рис. 5, б) сопротивление диода мало (точки 1–2) и он пропускает ток, который заряжает конденсатор С и одновременно питает сопротивление нагрузки R_H . С некоторого момента времени t_2 мгновенное значение u переменного напряжения становится меньше напряжения конденсатора U_C . В результате этого потенциал анода становится меньше потенциала катода, диод запирается, т. е. его сопротивление значительно увеличивается, поэтому ток через диод прекращается и конденсатор начинает разряжаться через резистор R_H . Разряд конденсатора продолжается до тех пор, пока переменное напряжение u не станет больше напряжения конденсатора U_C (точка 3 рис. 5, б).

В таких выпрямителях конденсатор практически заряжается до максимального значения напряжения, определяемого соотношением

$$U_{\max} = U \sqrt{2} = 1,41 \cdot 220 \approx 310 \text{ В}.$$

Если сопротивление R_H взять большим, то за время $t_2 - t_3$ конденсатор С разрядится незначительно и с момента времени t_3 вновь начинает заряжаться, поэтому можно считать напряжение на конденсаторе постоянным.

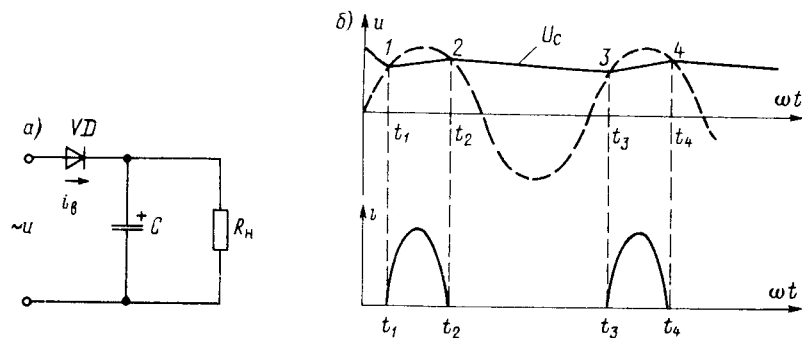


Рис. 5. Однополупериодный выпрямитель (а) и временные диаграммы напряжений и токов (б)

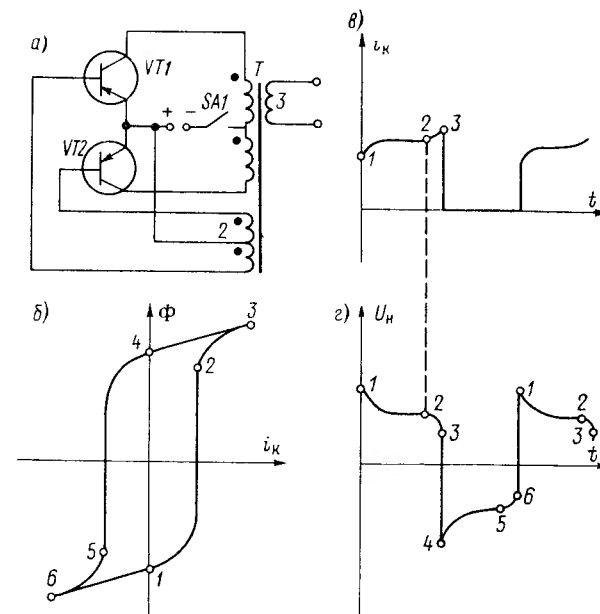


Рис. 6. Схема двухтактного преобразователя

При всей своей простоте этот способ питания фотовспышек обладает существенным недостатком: его можно использовать только там, где имеется электросеть, а соединительные проводники ограничивают свободу действий фотографа.

В последнее время появилась тенденция применять в качестве источников питания малогабаритные низковольтные батареи и аккумуляторы. С целью повышения напряжения от нескольких вольт до рабочего напряжения около 300 В в схемы фотовспышек вводят преобразователи напряжения.

На рис. 6, а приведена распространенная схема двухтактного преобразователя напряжения. Она выполняется симметричной относительно источника питания и состоит из двух транзисторов $VT1$ и $VT2$ и трансформатора T с сердечником из пермаллоя, имеющего прямоугольную петлю гистерезиса (рис. 6, б). Обмотки трансформатора включаются так, чтобы на концах, обозначенных точками, наводились напряжения одной полярности.

Схема обладает неизбежной асимметрией, одной из причин которой является разброс параметров транзисторов. Допустим, что при включении источника питания открылся транзистор $VT1$. Так как первичная обмотка 1 трансформатора обладает большим индуктивным сопротивлением, ток коллектора увеличивается не мгновенно, а происходит его относительно медленное линейное нарастание (рис. 6, в, точки 1–2). Магнитный поток Φ также нарастает линейно (рис. 6, б, точки 1–2) согласно нарастанию коллекторного тока транзистора $VT1$. По мере увеличения магнитного потока скорость нарастания коллекторного тока уменьшается (рис. 6, в, точка 3). Прекращение роста тока коллектора приостанавли-

вает также нарастание магнитного потока в сердечнике (рис. 6, б, точка 3), что вызывает уменьшение ЭДС, наведенной в обмотке обратной связи 2 (рис. 6, а). Это, в свою очередь, приводит к тому, что отрицательное смещение на базе транзистора *VT1* уменьшается, вызывая уменьшение коллекторного тока. Магнитный поток в сердечнике начинает уменьшаться (рис. 6, б, точки 3–4), что ведет к изменению знаков ЭДС, наводимых в обмотке обратной связи 2. Транзистор *VT2* начинает открываться, а транзистор *VT1* закрывается. Процесс носит лавинообразный характер и приводит к тому, что транзистор *VT2* открывается.

В дальнейшем будет происходить увеличение тока коллектора транзистора *VT2*, а магнитный поток в сердечнике, изменив свое направление, начинает увеличиваться (рис. 6, б, точки 4–5) и при достижении насыщения сердечника (рис. 6, б, точка б) скорость изменения коллекторного тока *VT2* становится равной нулю и вновь произойдет переключение транзисторов.

Изменяющийся магнитный поток будет наводить во вторичной обмотке 3 трансформатора переменную ЭДС, по форме близкую к прямоугольной (рис. 6, г). Это переменное напряжение прямоугольной формы в дальнейшем выпрямляется.

Такая схема имеет существенный недостаток. По мере разряда батареи уменьшается напряжение на выходе преобразователя, что ведет к большим погрешностям экспозиции. Таким недостатком обладает преобразователь напряжения типа ПН-70, предназначенный для автономного питания фотовспышки от двух батарей типа 3336Л.

С целью устранения этого недостатка и обеспечения стабилизации уровня максимального выходного напряжения преобразователя при разрядке батарей заводскую схему ПН-70 можно несколько изменить (рис. 7). Вместо резистора *R1*, имеющегося в схеме ПН-70, включают дополнительную схему на транзисторах *VT1* и *VT2*, стабилитроне *VD1* и резисторах *R1*, *R2*, *R3* и *R4*. Действие схемы основано на регулировании тока базы выходных транзисторов *VT3* и *VT4* в зависимости от выходного напряжения преобразователя.

В исходном состоянии стабилитрон *VD1* закрыт, транзисторы *VT1* и *VT2* открыты и преобразователь работает в режиме автогенератора. Напряжение, снима-

емое с третьей обмотки трансформатора, поступает на выпрямитель, собранный по мостовой схеме. Выпрямленное напряжение заряжает накопительный конденсатор фотовспышки, по мере заряда которого увеличивается напряжение на резисторе *R2*. Когда накопительный конденсатор зарядится до напряжения 280 В, напряжение на резисторе *R2* становится достаточным, чтобы стабилитрон *VD1* открылся. В результате этого на базу транзистора *VT1* подается положительное напряжение и он закрывается. Ток базы транзистора *VT2* становится равным нулю, он тоже закрывается, сопротивление в цепи базы транзисторов *VT3* и *VT4* значительно увеличивается и генерация преобразователя прекращается.

Если вспышки не произойдет, то схема остается в таком состоянии, пока накопительный конденсатор не разрядится до напряжения приблизительно 260 В, на котором стабилитрон *VD1* закроется. Тогда вновь начнется автогенерация преобразователя и накопительный конденсатор подзарядится до напряжения 280 В.

Модернизация схемы приводит к незначительному уменьшению выходного напряжения преобразователя. Оно становится равным 280 В. Однако при глубоком разряде батареи (9...5,5 В) напряжение преобразователя уменьшается незначительно с 280 до 260 В.

Наладка и регулировка схемы сводится к установке уровня максимального напряжения преобразователя и потребляемого тока. При новых батареях путем подбора сопротивления резистора *R2* устанавливают максимальное выходное напряжение 280 В. Потребляемый ток преобразователя не должен превышать в момент включения 0,7...0,9 А, что достигается подбором сопротивления резистора *R4*.

В результате модернизации схемы время заряда накопительного конденсатора фотовспышки несколько увеличивается (для ФИЛ-41 достигает 25...33 с). Дополнительная часть схемы монтируется в корпусе преобразователя. Модернизированная схема преобразователя позволяет сделать работу с фотовспышкой более стабильной.

4. ФОТОВСПЫШКИ

Промышленность выпускает разнообразные фотовспышки, отличающиеся техническими показателями, источниками питания, конструкцией, габаритами и т. д. (табл. 2).

Фотовспышки выпускают двух видов: с накопительным конденсатором и без него. Весьма широко распространены фотовспышки с накопительным конденсатором.

В некоторых последних моделях фотоаппаратов и фотовспышек (СЭВ-3, "Электроника Б-22") цепи синхронизации соединяются кабелем. В фотоаппаратах имеются салазки с электрическими контактами, куда устанавливается фотовспышка, также снабженная электрическими контактами. Благодаря этим контактам происходит соединение цепей синхронизации при установке фотовспышки на фотоаппарат.

Некоторые фотовспышки (например, ФИЛ-100, ФИЛ-102) имеют светосинхронизатор, что позволяет размещать их на некотором удалении от фотоаппарата. Фотовспышка ФИЛ-101 снабжена встроенным светосинхронизатором, который позволяет применять ее в качестве вспомогательного источника света наряду с основной фотовспышкой или с другим осветителем.

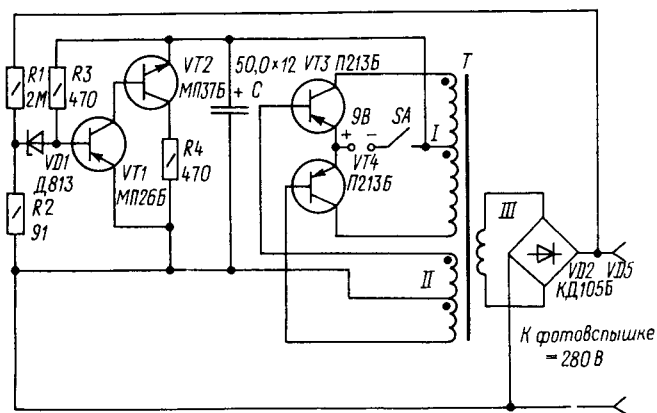


Рис. 7. Модернизированная схема преобразователя ПН-70

Фотовспышка	Номинальная электрическая энергия, Дж	Ведущее число для пленки, 65 ед. ГОСТ	Угол рассеивания света, °	Источники питания
Луч-59	100, 60, 40	31	45	300
Луч-61	100, 60, 40	31	45	220, 300
Луч-63	100, 60, 40	31	45	220, 300
Луч-70	100, 50	31	45	220, 300
Луч-М	104, 68, 36	40, 32	50	220, 300
Саулуте	36	16	60	220
Саулуте-II	36	18	50	А, 4Б, 220
СЭФ-2	23	12	60	220
СЭФ-3	36	17	60	220, 300
СЭФ-3М	36	12	60	220
ФИЛ-1	72	28	60	4Б, Вб
ФИЛ-2	36	20	60	220, 4Б, Вб
ФИЛ-3	36	20	60	220, 4Б, Пт
ФИЛ-4	36	20	60	А, Вб, 3у
ФИЛ-5	58	25	60	4Б, Пт
ФИЛ-6	36	20	60	220, 300
ФИЛ-7	58, 29	25, 18	60	220
ФИЛ-8	18	15	45	220, 300, 2Б, Пт
ФИЛ-9	30-45	18-22	60	220
ФИЛ-10	36	22	60	220, 4Э, Пт
ФИЛ-11	36	24	80	220, 300, Пт
ФИЛ-11М	36	16	80	220, 300, Пт
ФИЛ-12	36	24	50	220, 300, Пт
ФИЛ-16	36	16	50	220, 4Э
ФИЛ-41М	36	24	80	220, 300
ФИЛ-42	36	24	50	220, 300
ФИЛ-100	104	28-40	85-30	220, 300
ФИЛ-101	68	18-28	85-30	220, 300
ФИЛ-102	68	18-28	85-30	220, 300
ФИЛ-105	68	30	50	220, 330М
ФИЛ-106	68	30	50	220, 330М
ФИЛ-107	68	30	50	220, 330М

Длительность импульса света, с	Минимальный интервал между вспышками, с	Габариты, мм	Масса, кг	Примечание
1/500	20	—	—	Комплект из двух фотовспышек
1/500	20	—	—	
1/500	10	210 × 255 × 155	3,5	
1/500	20	210 × 255 × 155	3,5	
1/100	20	227 × 137 × 115	0,9	Светосинхронизатор
1/1000	10	51 × 85 × 75	0,3	Электроконтакт
1/1000	20	71 × 57 × 179	0,4	Зу
1/1000	20	45 × 65 × 142	0,45	—
1/1000	20	47 × 85 × 106	0,35	Электроконтакт
1/1000	20	46 × 63 × 101	0,3	—
1/400	20	220 × 170 × 70	2,4	—
1/500	10	220 × 170 × 57	1,9	—
1/400	10	185 × 140 × 60	0,9	—
1/400	10	220 × 170 × 57	2,2	—
1/200	20	190 × 420 × 70	1,7	Комплект из двух вспышек
1/400	10	196 × 200 × 77	1,8	—
1/400	20	170 × 170 × 68	1,3	—
1/500	10	130 × 84 × 38	0,6	—
1/100-1/150	10	100 × 166 × 45	0,25	Без накопительного конденсатора
1/400	10	170 × 135 × 55	0,9	—
1/400	10	—	0,3	—
(от БП-18)	—	—	0,24	—
1/400	10	85 × 48 × 78 (О)	0,3	Два блока осветителя, блок питания (БП)
(от БП-18)	40 × 48 × 108 (БП)	—	—	—
1/400	10	—	—	—
(от БП-18)	—	—	—	—
1/400	20	85 × 46 × 101	0,32	Синхрорывод
1/400	10	85 × 48 × 108	0,3	—
1/400	10	85 × 48 × 78	0,3	—
1/500	10	223 × 105 × 86	0,71	Две вспышки
1/500	10	223 × 105 × 86	0,64	Светосинхронизатор
1/500	10	223 × 105 × 86	1,28	Две вспышки, светосинхронизатор
1/500	10	84 × 82 × 214	0,61	—
1/500	10	84 × 82 × 214	0,62	Светосинхронизатор
1/500	10	84 × 82 × 214	1,24	Две вспышки,

Фотовспышка	Номинальная электрическая энергия, Дж	Ведущее число для пленки, 65 ед. ГОСТ	Угол рассеивания света, °	Источники питания
Чайка	36	22	50	220, 2Б
Электроника Б5-04	68	35	60	220, 330М
Электроника Б5-08	12	12	—	127, 220, Пт
Электроника Л5-01	20, 28, 40	10, 14, 20	50	220, Пт
Электроника Б5-11	16	12	72	220, 4Б
Электроника Б5-11БП	16	12	72	4Б
Электроника Б5-21	36	20	45	220, 300
Электроника Б5-22	36	18	50	220
Электроника Б5-24	36	22	55	220, А
Электроника ФЭ14АУ	86	20	70	220, 300М
Электроника ФЭ15У	21	14	60	127, 220, А
Электроника ФЭ-25	40	18	50	220, А
Электроника ФЭ-26	12	8	50	2Б
Электроника	12	12	60	2Б

Примечание. Принятые обозначения: 127, 220 — питание от сети переменного тока напряжением 300 В; 300М — питание от батареи 330-ЭВМЦГ; А — аккумулятор напряжения; Пт — преобразователь напряжения на транзисторах;

Некоторые фотовспышки (типа "Луч") снабжены двумя накопительными конденсаторами и могут менять энергию вспышки и ведущее число.

Угол рассеивания светового пучка большинства фотовспышек 45–60°, что обеспечивает равномерное освещение кадра при применении объектива, входящего в комплект к фотоаппарату. Фотовспышки ФИЛ-100, ФИЛ-101 и ФИЛ-102 позволяют изменять угол рассеивания. Они снабжены регулятором, при одном положении которого угол рассеивания 30°, а при другом — 85°. Соответственно изменению угла рассеивания изменяется и ведущее число от 28 до 18.

Длительность импульса света, с	Минимальный интервал между вспышками, с	Габариты, мм	Масса, кг	Примечание
	20	210 × 165 × 85	1,6	светосинхронизатор
	10	78 × 84 × 195	0,5	—
1/2000	20	37 × 62 × 13	0,31	—
1/2500	60	126 × 85 × 50	0,55	—
1/1660	—	—	—	—
	10 (от батар.)	113 × 62 × 36	0,2	—
	30	113 × 62 × 36	0,2	Электроконтакт
1/1000	15	35 × 80 × 91	0,315	—
—	60	102 × 39 × 90	0,385	—
—	15	85 × 55 × 137	0,47	—
—	60	198 × 89 × 80	0,7	—
—	10	102 × 58 × 35	0,21	—
—	20	205 × 75 × 91	0,5	Зу
—	15	60 × 60 × 34	0,1	—
—	15	60 × 60 × 34	0,1	—

ного тока напряжением 127 или 220 В; 300 — питание от источника постоянного тока; Зу — зарядное устройство; Б — низковольтная батарея; ВБ — вибропреобразователь; О — осветитель; Э — низковольтный элемент типа 373.

Фотовспышки, предназначенные для питания только от высоковольтных батарей ("Луч-59"), имеют цепи, непосредственно связанные с металлическим корпусом фотовспышки и цепями синхронизации, поэтому переделывать их для питания от сети сложно.

В фотовспышках (например, ФИЛ-10, ФИЛ-11, "Электрон") источником питания служат низковольтные батареи и аккумуляторы. В таких фотовспышках в состав схемы входят преобразователь напряжения и другие элементы, обеспечивающие работу схемы.

В последнее время появились фотовспышки ("Электроника Б5-22", "Электроника Б5-24", "Электроника ФЭ-25" и др.) с автоматическим регулированием длительности светового импульса во время экспонирования.

Теперь рассмотрим некоторые наиболее характерные схемы фотовспышек. На рис. 8 показана принципиальная схема фотовспышки ФИЛ-105. Такую схему с незначительными отклонениями имеют также фотовспышки ФИЛ-12, ФИЛ-41М, ФИЛ-102 и ФИЛ-107.

Параллельно импульсной лампе *EL* подключен накопительный конденсатор *C1*, цепь *R2*, *C2*, *R3* с трансформатором *T*, делитель напряжения *R4*, *R5* с конденсатором *C3* и неоновой лампой *HL*. При включении источника питания начинается заряд накопительного конденсатора *C1*. В самом начале процесса заряда сопротивление накопительного конденсатора очень мало и ток заряда может быть большим, что приведет к выходу из строя диода *VD*. Для ограничения начального тока заряда конденсатора *C1* ставят резистор *R1*. Конденсатор *C1* заряжается до рабочего напряжения 300 В. Одновременно через резисторы *R2* и *R3* начинает заряжаться конденсатор *C2*, который тоже зарядится до напряжения источника 300 В.

При нажатии кнопки затвора фотоаппарата синхроконтакты *Ск* замыкаются и конденсатор *C2* разряжается через первичную обмотку трансформатора *T*, что приводит в конечном итоге к световой вспышке.

Для индикации готовности прибора к работе в схему введена неоновая лампа *HL*. По мере заряда накопительного конденсатора *C1* увеличивается ток через делитель *R4*, *R5*, растет напряжение между электродами лампы *HL* и при заряде конденсатора до напряжения, близкого к рабочему (250...280 В), неоновая лампа загорается. При включении синхроконтакта *Ск* конденсатор *C1* разряжается, напряжение между электродами лампы уменьшается, становится недостаточным для поддержания разряда и неоновая лампа *HL* гаснет.

Кнопка *SB* служит для получения контрольной вспышки, когда в этом есть необходимость.

Питание фотовспышки можно осуществить также от батареи высокого напряжения. В этом случае диод *VD* выполняет роль предохранителя схемы при подключении к ней батареи. Действительно, если полярность напряжения при подключении батареи будет правильной, то диод *VD* открыт и схема работает, как

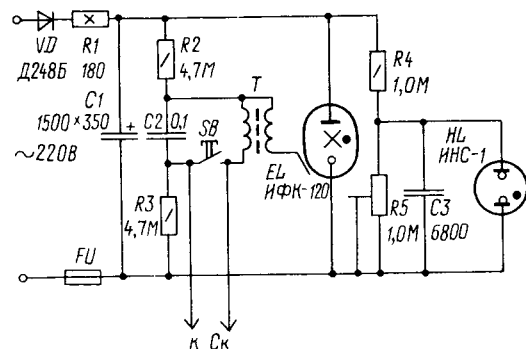


Рис. 8. Принципиальная схема фотовспышки ФИЛ-105

описано выше. Если же полярность напряжения будет перепутана, то диод закрыт, ток в цепи не идет и это предохраняет от выхода из строя электролитический конденсатор *C1*.

Для обеспечения безопасности работы с фотовспышкой цепи синхронизации и цепи питания разделены высокоомными резисторами *R2* и *R3*. Благодаря этим резисторам ток в цепи корпус фотоаппарата — земля очень мал и не представляет опасности для человека.

5. СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГИИ ВСПЫШКИ

Световая энергия вспышки пропорциональна накопленной электрической энергии. Поэтому для точного экспонирования в некоторых фотовспышках стабилизируют энергию заряда накопительного конденсатора. Рассмотрим, как это делается на примере фотовспышки, схема которой приведена на рис. 9.

При подключении фотовспышки к сети переменного тока левая часть схемы отключена диодами *VD1* и *VD2* и она работает, как фотовспышка, описанная ранее. При подключении фотовспышки к батарее выпрямитель, собранный на диодах *VD3* и *VD4*, отключается. Теперь постоянное напряжение батареи поступает на преобразователь напряжения, собранный на транзисторе *VT4* и трансформаторе *T1*, где оно значительно повышается и преобразуется в переменное. Накопительный конденсатор *C3* через выпрямительные диоды *VD1* и *VD2* начинает заряжаться. По мере заряда конденсатора *C3* увеличивается напряжение на делителе *R5*...*R7* и как только он зарядится, загорается нео-

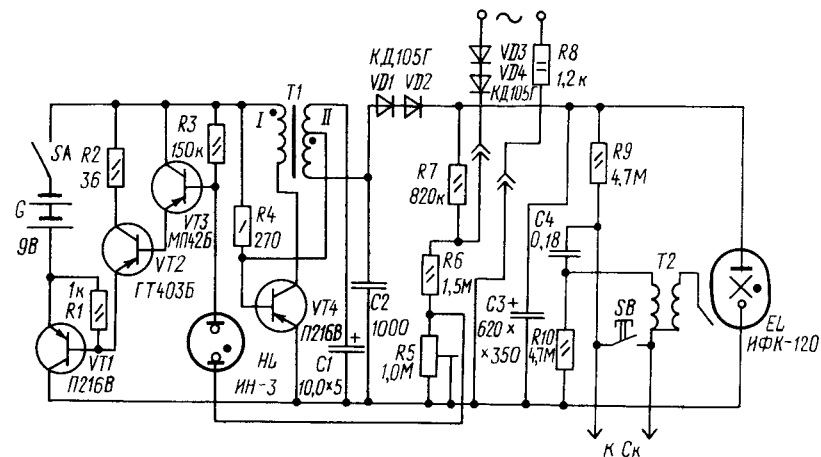


Рис. 9. Схема стабилизации энергии вспышки

новая лампа *HL* и увеличивается ток, протекающий через резистор *R3*. Падение напряжения на резисторе *R3* увеличивается, что приводит к запиранию транзисторов *VT3* и *VT2*, и как следствие этого к увеличению сопротивления транзистора *VT1*.

Ток, потребляемый от батареи уменьшается, что снижает мощность, отдаваемую преобразователем в нагрузку. Следовательно, схема, собранная на транзисторах, ограничивает ток разряда батареи после полного заряда накопительного конденсатора *C3* и стабилизирует энергию вспышки. Конденсатор *C2* — типа К15-5-Н20-1,6 кВ.

Другой, более совершенный вариант фотовспышки, обеспечивающий постоянство энергии вспышки независимо от колебания напряжения источника, приведен на рис. 10. Схема фотовспышки состоит из трех элементов: преобразователя напряжения, блока автоматики и осветителя *EL*.

Преобразователь напряжения выполнен по схеме двухтактного автогенератора на транзисторах *VT1*, *VT2* и включается только при работе от низковольтного источника напряжения (переключатель *SA1.2* в положение "Б"). Для запуска преобразователя применен делитель напряжения *R7...R8*, а конденсатор *C3* служит для сглаживания пиков напряжения, которые появляются во время переключения транзисторов. Напряжение с повышающей обмотки *III* трансформатора *T1* поступает на выпрямитель, собранный по мостовой схеме на диодах *VD1...VD4* типа Д226, и после выпрямления заряжает накопительный конденсатор *C2*.

При работе фотовспышки от сети переменного тока напряжением 220 В или от высоковольтного источника постоянного тока (батарея 330-ЭВМЦГ-100) переключатель *SA1.2* ставят в положение "220-300". В этом случае напряжение на выпрямитель подается через резистор *R1*, причем высоковольтный источник постоянного тока можно подключить к фотовспышке любой полярностью.

В положении переключателя *SA1* (контактные платы 1 и 2), указанном на схеме, питание фотовспышки осуществляется от сети переменного тока напряжением 127 В. В этом случае выпрямитель работает по схеме удвоения напряжения. В один из полупериодов конденсатор *C1* заряжается до амплитудного значения напряжения сети, а в следующий полупериод напряжение конденсатора суммируется с напряжением сети и заряжает конденсатор *C2*.

Блок автоматики, собранный на транзисторах *VT3...VT6*, через эмиттерный повторитель *VT3* подключен к накопительному конденсатору *C2*. В исходном состоянии, когда конденсатор *C2* не заряжен, ток, протекающий через делитель *R3...R5*, мал и транзистор *VT3* находится в закрытом состоянии. Напряжение на эмиттере транзистора *VT3* равно нулю, вследствие чего транзистор *VT4* триггера закрыт, а транзистор *VT5* открыт. Так как транзистор *VT5* открыт, то будет открыт транзистор *VT6*, коллекторный ток которого проходит через

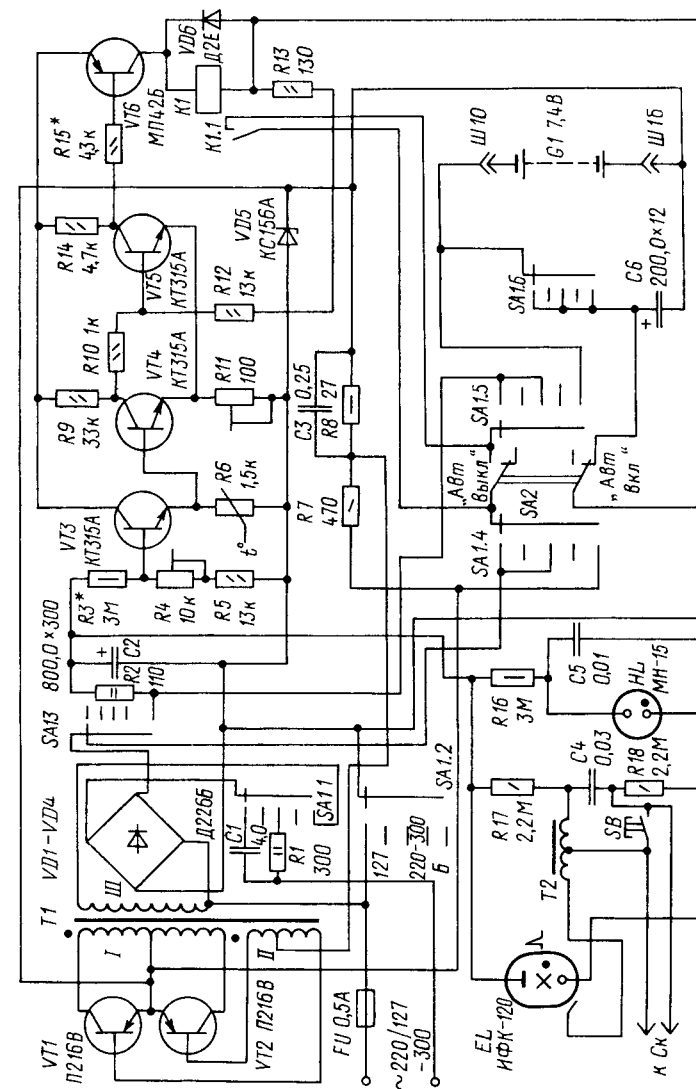


Рис. 10. Схема фотовспышки с блоком автоматики

обмотку реле *K1*. Контакты реле *K1.1* замкнуты и через них начинается заряд накопительного конденсатора *C2*. По мере заряда конденсатора *C2* ток через делитель напряжения *R3...R5* увеличивается, а когда напряжение на конденсаторе достигает заданного значения, транзистор *VT3* открывается, что приводит к изменению состояния триггера: транзистор *VT4* открыт, а транзистор *VT5* закрыт. Напряжение эмиттер–база транзистора *VT6* становится равным нулю и транзистор *VT6* запирается. Обмотка реле *K1* обесточивается, его контакты *K1.1* размыкаются и заряд конденсатора *C2* прекращается.

Если вспышку не делать, то будет наблюдаться постепенный разряд конденсатора *C2*, по мере которого ток через делитель *R3...R5* уменьшается. При достижении определенного значения напряжения транзистор *VT3* запирается и триггер вновь изменит свое состояние (транзистор *VT4* запирается, а транзистор *VT5* открывается), что вызовет подзаряд конденсатора *C2*.

Блок автоматики во время заряда накопительного конденсатора потребляет ток 40...50 мА, а в паузах между зарядами — 5...15 мА. Поэтому при питании фотовспышки от сети переменного тока или высоковольтного источника постоянного тока можно применять отдельную батарею типа "Крона" или аккумулятор 7Д-0,1 для питания блока автоматики.

Блок автоматики с помощью переключателя *SA2* можно отключать от схемы, как это делается, когда необходимо получить максимальную энергию вспышки или при сильном разряде батареи. Печатная плата блока автоматики со схемой соединения деталей на ней приведена на рис. 11.

В схеме на рис. 10 применен осветитель от фотовспышки "Луч-61" с незначительными изменениями.

Настройку схемы начинают с преобразователя напряжения. Переключатель *SA2* устанавливают в положение "Авт. выкл", а переключатель *SA1* — в положение "Б". Если обмотки *I* и *II* трансформатора *T1* включены правильно, что преобразователь сразу же начинает работать, о чем можно судить по увеличению напряжения на конденсаторе *C2*. Если преобразователь не работает, то необходимо поменять местами концы вторичной обмотки трансформатора *T1*.

При настройке блока автоматики переключатель *SA1* устанавливается в положение "220–300", а переключатель *SA2* — в положение "Авт. вкл". Подвижный контакт резистора *R4* устанавливается в верхнее положение (по схеме), а движок резистора *R11* — в нижнее. Не подключая вспышку к внешнему источнику питания, измеряют коллекторные напряжения транзисторов *VT4* и *VT5* относительно минусового вывода конденсатора *C2*. Напряжение на коллекторе открытого транзистора *VT5* должно быть 0,3...0,6 В, а напряжение на коллекторе закрытого транзистора *VT4* — 2 В. Затем в цепь обмотки реле *K1* включают миллиамперметр и подбором сопротивления резистора *R15* до-

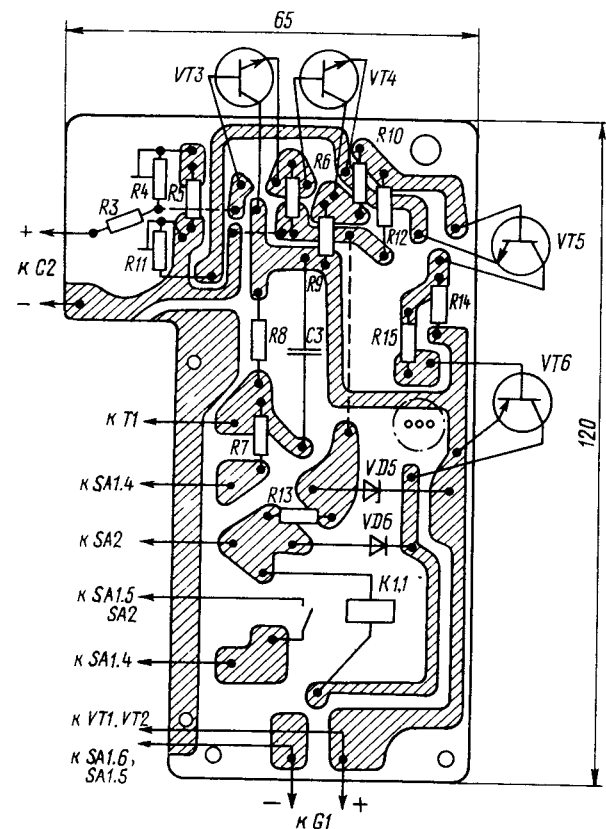


Рис. 11. Печатная плата блока автоматики

бываются срабатывания реле.

Подключив фотовспышку к сети, заряжают конденсатор *C2* до напряжения 300 В, затем отключают фотовспышку от сети и плавно изменяют сопротивление резистора *R4* до тех пор, пока триггер не изменит свое состояние и обмотка реле не обесточится. Далее через резистор сопротивлением 30...50 кОм разряжают конденсатор до напряжения 290 В и, плавно изменяя сопротивление резистора *R11*, добиваются включения реле *K1*. Настройки повторяют два–три раза. При значительных изменениях порогов срабатывания блока автоматики регулировку производят подбором резисторов *R3* и *R5*.

Транзисторы преобразователя должны иметь одинаковые коэффициенты усиления тока базы. Транзисторы *VT3...VT5* могут быть типа КТ315 или КТ301 с любыми буквенными индексами, а транзистор *VT6* — любой маломощный. Коэффициент усиления тока базы у тран-

зистора $VT3$ должен быть больше 50, а транзисторов $VT4 \dots VT6$ — больше 20.

Обмотки трансформатора $T1$ намотаны на сердечник из феррита М2000НМ типоразмера $Ш12 \times 15$. Первичная обмотка трансформатора имеет 44 витка с выводом от средней точки и намотана проводом ПЭВ-2 диаметром 0,69 мм. Вторичная обмотка содержит 20 витков с выводом от средней точки, она намотана проводом ПЭВ-2 диаметром 0,35 мм. Для уменьшения индуктивности рассеяния обе половины первичной и вторичной обмоток следует наматывать одновременно, используя для этого два провода. Третья обмотка трансформатора намотана проводом ПЭВ-2 диаметром 0,2 мм и состоит из 1050 витков.

Трансформатор $T2$ можно взять готовый или намотать на сердечнике из феррита М1000НМ типоразмера $K12 \times 5 \times 5,5$. Первичная обмотка имеет два витка провода ПЭВ-1 диаметром 0,1 мм.

В схеме используется быстродействующее реле РЭС-10 (паспорт РС4.524.308 или РС4.524.303) и переключатель типа 5П6НПМ.

Электрическая энергия вспышки 36 Дж. При питании от двух низковольтных батарей, например типа 3336Л, можно получить 60 вспышек.

Энергию вспышки можно в некоторых пределах поддерживать постоянной путем введения в схему фотовспышки стабилизатора энергии. Схема предлагаемого стабилизатора на рис. 12. [2].

Стабилизатор энергии был встроен в цепь фотовспышки ФЭ-26, у которой энергия вспышки может изменяться от 6,25 Дж до 11,4 Дж. После введения стабилизатора энергия вспышки автоматически поддерживалась в пределах 6,75 ... 7,6 Дж. Одновременно почти в десять раз сократилось потребление энергии от источника питания в паузах между вспышками и была почти исключена зависимость световой энергии от паузы между вспышками и степени разряда батареи.

В качестве порогового элемента применена ионная лампа ИН-3. Усилитель на транзисторах $VT2$ и $VT3$, работающий в ключевом режиме,

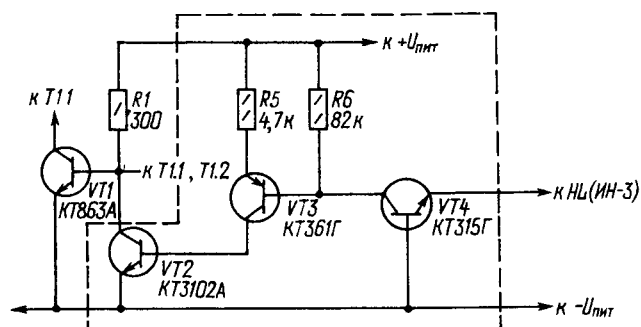


Рис. 12. Стабилизатор энергии вспышки

в момент зажигания лампы HL шунтирует эмиттерный переход транзистора $VT1$. В результате этого колебания генератора фотовспышки срыываются и ток, потребляемый от источника уменьшается. Устройство переходит в режим периодической подзарядки накопительного конденсатора, сигнализируя о готовности фотовспышки к работе. Длительность импульса подзарядки — 2 с, а длительность паузы — 20 с.

Все вновь вводимые элементы (обведены штриховой линией) размещаются на свободных местах печатной платы.

Схема может быть применена в любой фотовспышке с батарейным питанием.

Транзистор $KT3102Д$ можно заменить на транзисторы $KT3102$ с буквенными индексами Б, В, Г и Е; транзистор $KT316Г$ — на транзисторы $KT316Б$ и $KT316Е$ и, наконец, транзистор $KT315Г$ можно заменить на транзисторы $KT315Е$ и $KT315Ж$.

6. ОСОБЕННОСТИ СИНХРОНИЗАЦИИ

Применение импульсных фотовспышек немыслимо без точной синхронизации раскрытия затвора фотоаппарата с моментом вспышки. Поэтому большинство современных фотоаппаратов имеют специальные синхроконттакты, благодаря которым вспышка включается в нужный момент. Требования, предъявляемые к синхронизирующим контактам, определяются видом импульсного источника и конструкцией затвора фотоаппарата.

Импульсные источники света подразделяются на одноразовые и многократные. Одноразовые импульсные источники света представляют собой стеклянную колбу, наполненную кислородом, внутри которой находится тонкая алюминиевая фольга. При пропускании тока через фольгу она вспыхивает и сгорает с выделением света. Нарастание светового потока в такой лампе происходит постепенно и достигает максимума через 0,02 ... 0,05 с после ее включения. Поэтому при работе с одноразовой лампой-вспышкой зажигание лампы требуется включать на 0,02 ... 0,05 с раньше, чем полностью откроется кадровое окно фотоаппарата. С этой целью в фотоаппаратах имеется контакт "М", позволяющий осуществлять необходимую задержку момента открытия затвора.

В импульсных фотолампах многократного действия разряд происходит за время 0,0002 ... 0,008 с и поэтому здесь никакого упреждения практически не требуется. Для работы с такими фотовспышками в фотоаппаратах имеется контакт "Х".

Конструкция затвора фотоаппарата также оказывает существенное влияние на возможности применения фотовспышек. По принципу действия затворы различают: центральные и штормо-щелевые.

Центральный затвор состоит из трех пластинок, расположенных перед объективом. В момент съемки пластинки раздвигаются по направлению от центра объектива к его краям, а затем вновь сдвигаются к центру. Временем полного раскрытия затвора считается период, в течение которого действующее отверстие объектива максимально и ограничивается только диафрагмой. Это время меньше указанного регулятором выдержек, и поэтому даже при самых коротких выдержках объектив оказывается на некоторое время полностью открытым и освещение

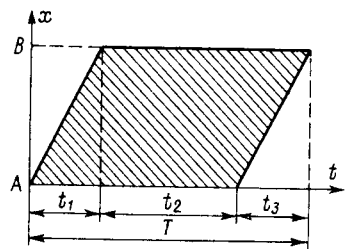


Рис. 13. Временная диаграмма действия шторно-щелевого затвора

кадра производится одновременно по всей поверхности. Благодаря этой особенности центрального затвора фотоаппараты, имеющие его ("Смена", "Вилия" и др.), можно применять с импульсными фотовспышками почти при любых выдержках. Для этого необходимо только точное совпадение момента вспышки с моментом

полного раскрытия затвора. Минимальная выдержка, которую отмеряет фотоаппарат с центральным затвором, 1/500 с.

Шторно-щелевой затвор состоит из двух светонепроницаемых шторок (открывающая и закрывающая), расположенных перед кадровым окном, и механизма, приводящего них в движение. При заводе механизма затвора обе шторки одновременно перемещаются без образования щели между ними, причем одна из них полностью закрывает кадровое окно, изолируя пленку от света. После нажима на спусковую кнопку открывающая шторка приходит в движение, перемещаясь параллельно кадровому окну. Спустя некоторое время после начала движения шторки между их концами образуется щель и свет попадает на светочувствительный слой пленки. С некоторым запаздыванием, зависящим от установленной выдержки, начинает движение вторая шторка, закрывающая кадровое окно, в результате чего экспонирование пленки прекращается. Выдержка такого затвора зависит от скорости перемещения шторок и от ширины щели между ними.

Обычно при установке той или иной выдержки меняется только ширина щели, в то время как скорость движения шторок в большинстве случаев не изменяется. На рис. 13 приведена диаграмма, поясняющая действие шторно-щелевого затвора. По горизонтальной оси отложено время, а по вертикальной — длина пути шторки затвора. На графике t_1 — время перемещения открывающей шторки, t_3 — время перемещения закрывающей шторки, t_2 — время полного открытия затвора и AB — длина кадра. Штрихованная площадь четырехугольника пропорциональна экспозиции, полученной фотослоем при различных выдержках.

Рисунок наглядно показывает, что экспонирование кадра производится путем последовательной его засветки, причем одновременный доступ света ко всем его точкам возможен лишь при ширине щели больше соответствующего размера кадра.

Очевидно, вспышку надо делать, когда кадровое окно полностью открыто, что возможно у большинства современных фотоаппаратов при выдержках 1/30—1/60 с. Уменьшение выдержки приводит к экспонированию только части кадра, а увеличение выдержки, наоборот, облегчает синхронизацию.

Описание конструкции центрального и шторно-щелевого затвора диктует свои требования к синхронизации действий фотовспышки и затвора фотоаппарата.

7. СИНХРОНИЗАЦИЯ НЕСКОЛЬКИХ ФОТОВСПЫШЕК

Импульсная фотолампа практически близка к точечному источнику света, для которого характерны резкие глубокие тени на освещенных объектах. Хорошие результаты получаются при съемке с двумя

или с несколькими действующими импульсными лампами. При двух источниках освещения один соединяют с фотоаппаратом, а второй устанавливают на некотором расстоянии от него, сбоку. Первый используется как основной осветитель, а второй — как вспомогательный для бокового освещения.

При съемке с двумя или несколькими фотовспышками появляются затруднения, связанные как с их синхронизацией, так и с определением выдержки.

С первого взгляда, казалось бы, все очень просто: подключить к накопительному конденсатору две, а то и несколько импульсных ламп и синхронизация осуществлена. Однако это не совсем так. Во-первых, энергия накопительного конденсатора, зависящая только от емкости и напряжения, остается прежней, но распределяется между несколькими лампами. Поэтому световая энергия вспышки с одним, с двумя или несколькими осветителями остается прежней. Во-вторых, из-за разброса параметров ламп и трансформаторов поджига распределение энергии между лампами будет неодинаковым и одна из них может даже не вспыхнуть. Эта вероятность увеличивается, если включено несколько ламп параллельно. Поэтому подключать вторую лампу можно только к тем фотовспышкам, где имеются два накопительных конденсатора и где предусмотрена такая возможность ("ЛУЧ-63"). В тех случаях, когда такая возможность не предусмотрена, схему нужно несколько изменить, чтобы можно было бы включать дополнительную лампу. Сравнительно просто это сделать в фотовспышках типа "Луч", где для включения дополнительной лампы можно использовать панель имеющегося переключателя.

При запуске двух фотовспышек любого типа можно цепи их синхронизации и фотоаппарата соединить кабелем, как показано на рис. 14. Устройство будет работать надежно при разнесении фотовспышек на расстояние до 4 м одна от другой.

Лучше, когда цепи синхронизации каждой фотовспышки изолированы друг от друга. Если фотовспышки могут находиться от фотоаппарата не далее длины синхронизирующего кабеля, изоляция цепей синхронизации значительно упрощается. Она осуществляется с помощью

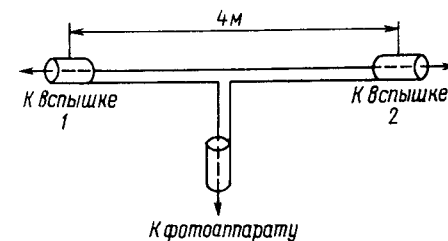


Рис. 14. Последовательный запуск двух фотовспышек

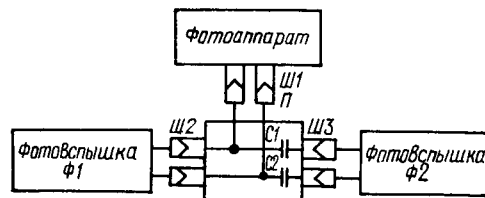


Рис. 15. Изоляция цепей синхронизации конденсаторами

разделительных конденсаторов $C1$ и $C2$ емкостью $1 \dots 2$ мкФ на рабочее напряжение 300 В, как показано на рис. 15. Конденсаторы монтируются на переходнике П, который рекомендуется закрепить на фотоаппарате, чтобы его соединительный кабель к гнезду Ш1 имел минимальную длину.

Схема допускает применение импульсных фотовспышек любого типа и в том числе разнотипных, используемых в одной схеме включения.

При использовании нескольких фотовспышек можно цепи синхронизации каждой фотовспышки изолировать друг от друга, как показано на рис. 16. Предлагаемая схема [3] позволяет подключить любое число фотовспышек к одной фотокамере, сохранив ее работоспособность, и одновременно снизить вдвое нагрузку на синхроконттакты в сравнении с подключением одной стандартной фотовспышки.

Резисторы $R1$ и $R2$ применены типа МЛТ-0,5; конденсатор C — типа МБМ на 250 или 500 В, вместо тиристора КУ202М можно применить тиристор КУ202Н, а вместо выпрямительного блока КЦ405А — выпрямительный блок КЦ407А. Импульсный трансформатор T намотан на кольцевом магнитопроводе К16 X 8 X 4 из феррита 2000НН. Обмотка

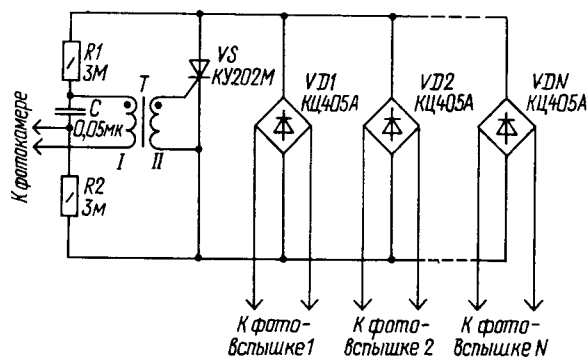


Рис. 16. Размножитель синхроконтakta

I содержит 50 витков провода ПЭВ-2-0,31, а обмотка II — 5 витков ПЭВ-2-0,47.

Сравнительную свободу действий получает фотограф, применяя для съемки две или несколько фотовспышек, имеющих световую синхронизацию. Такую возможность представляют фотовспышки ФИЛ-101, ФИЛ-106, а также ФИЛ-102 и ФИЛ-107, в комплект которых входят основной и вспомогательный осветители. Основной осветитель подключают непосредственно к фотоаппарату, а вспомогательный устанавливают на некотором расстоянии от него так, чтобы на светоприемник попадал прямой или отраженный от стен и потолка световой импульс основного осветителя. В зависимости от общей освещенности вспомогательный осветитель может срабатывать на расстоянии до 10 м от основного.

Схема основного осветителя фотовспышек ФИЛ-102 и ФИЛ-107 уже была описана ранее (см. рис. 8), а вспомогательного приведена на рис. 17. При подключении вспомогательной фотовспышки к сети накопительный конденсатор $C3$ заряжается и, когда напряжение на нем достигает 85% рабочего, загорается индикаторная лампа $HL1$, сигнализирующая о готовности осветителя к работе.

Здесь светочувствительным приемником служит фоторезистор $R2$ типа ФСК-2. При попадании на него светового импульса сопротивление фоторезистора уменьшается, ток в делителе $R2-R3$ увеличивается и на резисторе $R3$ появляется импульс напряжения положительной полярности. Такой же импульс получается при нажатии кнопки контрольной вспышки SB или при замыкании синхроконтactов $Ск$. Через разделительный конденсатор $C1$ этот импульс поступает на сетку тиратрона $HL2$ типа МХТ-90, в котором возникает разряд. Ток в цепи

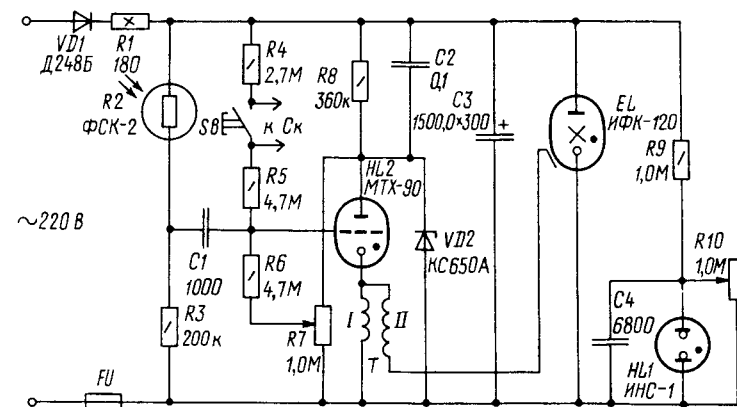


Рис. 17. Схема вспомогательного осветителя ФИЛ-107

тиратрона резко увеличивается и индуцирует во вторичной обмотке трансформатора поджига импульс, достаточный для появления вспышки.

Тиратрон при одном и том же напряжении на сетке имеет значительный разброс напряжения зажигания. Для стабилизации напряжения зажигания, для надежного срабатывания фотовспышки параллельно тиратрону подключен кремниевый стабилитрон типа КС650 А.

8. АВТОМАТИЗАЦИЯ В ФОТОВСПЫШКАХ

В последнее время появились фотовспышки, которые позволяют обойтись без предварительного расчета экспозиции и применения специальных экспонометров. В таких фотовспышках имеется устройство, позволяющее измерить количество света, отраженного объектом, результат измерения сравнить с желаемым значением и, как только это значение будет достигнуто, прекратить вспышку света.

Электронные импульсные фотовспышки с автоматическим регулированием длительности светового импульса в период экспонирования стали называть автоматическими.

По принципу построения автоматического регулирования продолжительности светового импульса фотовспышки делят на фотовспышки с принудительным гашением оставшейся в накопительном конденсаторе неиспользованной энергии и с прерыванием разряда в импульсной газоразрядной лампе.

В первом случае свет от импульсной лампы, отраженный объектом, попадает на фоторезистор, который преобразует полученный световой импульс в электрический ток. Этот ток заряжает конденсатор сравнения и, когда напряжение последнего достигает заданного уровня, загорается вспомогательная лампа газового разряда (разрядник). Внутреннее сопротивление разрядника во много раз меньше внутреннего сопротивления импульсной лампы, в результате чего накопительный конденсатор через него практически мгновенно разрядится. Импульсная лампа гаснет и световой поток прекращается.

Независимо от продолжительности вспышки накопительный конденсатор разряжается полностью, его избыточная энергия направляется к вспомогательной лампе и там теряется. По этой причине число разрядов от одной батареи мало, схема крайне неэкономична, частота фотографирования незначительна (один раз за десять секунд), а коммутирующие элементы (разрядники, тиристоры) должны выдерживать токи до 1000 А и рассеивать энергию 120 Дж в импульсе. По этим причинам такой способ гашения разряда широкого распространения не получил.

Во втором случае световой импульс прекращается при разрыве цепи разряда накопительного конденсатора с сохранением в нем оставшейся неиспользованной энергии. Благодаря экономичному исполь-

зованию энергии батареи число световых импульсов увеличивается и сокращается время готовности фотовспышки к работе, ее питание можно осуществлять от маломощного источника энергии. Этот способ регулирования длительности светового импульса в настоящее время широко применяется.

Автоматическую регулировку длительности светового импульса можно получить, переделав имеющуюся фотовспышку. Это сравнительно просто сделать на базе фотовспышек типа ФИЛ-100, ФИЛ-101 и ФИЛ-102. Принципиальная схема фотовспышки, переделанной на базе схемы ФИЛ-100 (ФИЛ-102) [4], приведена на рис. 18.

При включении источника питания одновременно заряжаются накопительный конденсатор $C1$, конденсаторы $C2$ и $C3$, а по цепи $R6$, диод $VD2$, резисторы $R7$ и $R8$ — конденсатор $C5$. Замыкание синхронизационного контакта $Ск$ приводит к разряду конденсатора $C3$, в результате чего появляется импульс высокого напряжения во вторичной обмотке трансформатора $T1$ и отпирающий импульс тиристора $VS1$ — в третей. Накопительный конденсатор начинает разряжаться, что вызывает появление вспышки.

Световой импульс лампы EL , отраженный от фотографируемого объекта, попадает на фотодиод $VD5$. Сопротивление фотодиода уменьшается, вследствие чего значительно увеличивается ток, протекающий через него. Этот ток заряжает один из конденсаторов $C7...C9$ до напряжения стабилизации диода $VD4$, при достижении которого тиристор $VS3$ отпирается и падение напряжения на резисторе $R9$ резко увеличивается.

Тиристор $VS2$ отпирается, его сопротивление значительно уменьшается и пластина конденсатора $C5$, имеющая положительный заряд, оказывается подключенной к отрицательному полюсу выпрямителя. В результате анод тиристора $VS1$ оказывается под отрицательным напря-

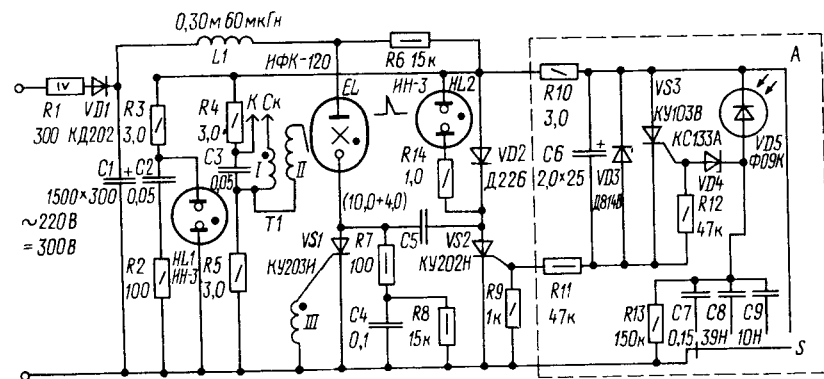


Рис. 18. Принципиальная схема универсальной фотовспышки

жением относительно катода, тиристор *VS1* запирается и разрывает цепь разряда накопительного конденсатора *С1*. Световой импульс лампы *EL1* мгновенно прекращается.

Если накопительный конденсатор разряжается до конца, то загорается индикаторная лампа *HL2*. Это происходит в тех случаях, когда освещенность объекта съемки мала и отраженного света недостаточно для формирования импульса гашения. Поэтому съемку такого объекта надо делать с меньшего расстояния.

С целью увеличения точности экспонирования последовательно с лампой *EL1* включена катушка индуктивности *LI*. Она несколько задерживает нарастание тока разряда конденсатора *С1* и этим самым "растягивает" во времени максимум светового потока. Наматывается катушка проводом ПЭВ-2 диаметром 0,51... 0,64 мм на каркас длиной 20 мм и диаметром 10 мм. Сопротивление ее постоянному току $0,3 \pm 0,03 \text{ Ом}$.

На трансформатор поджига *T1*, взятый от фотовспышки ФИЛ-100 (ФИЛ-102), наматывают дополнительную третью обмотку из пяти витков проводом ПЭВ-2 диаметром 0,47 мм.

Возможная замена некоторых элементов приведена в табл. 3. Переключатель *S* имеет четыре позиции: три для работы с автоматическим регулированием и одну для работы без регулирования продолжительности светового импульса.

Вся схема размещается на двух платах, причем силовой блок помещается на место базовой модели, а блок автоматического регулирования продолжительности светового импульса А, собранный на отдельной плате, закрепляется в корпусе вспышки над отражателем.

Продолжительность вспышки зависит от времени заряда одного из конденсаторов *С7...С9* до напряжения, отпирающего тиристор *VS3*. Это время определяется емкостью конденсаторов *С7...С9*, напряжением стабилизации диода *VD4* и зарядным током, в свою очередь, зависящим от силы отраженного света.

Таблица 3

Заменяемый элемент (рис. 18)	Замена
<i>VD1</i>	Диод Д248Б, КД105Г
<i>VD2</i>	Диод КД105Б
<i>VD3</i>	Стабилитрон Д809, Д810
<i>VD5</i>	Фотодиод ФД-155К
<i>VD4</i>	Стабилитрон КС-139А
<i>VS1</i>	Тиристор КУ-203Ж
<i>VS2</i>	Тиристор КУ-202М
<i>VS3</i>	Тиристор КУ-103А, КУ-103Б

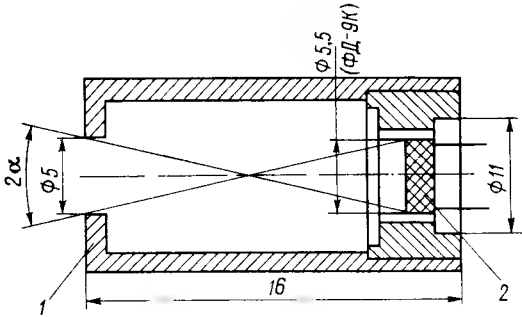


Рис. 19. Светоограничитель

Напряжение отпираания тиристора *VS3* зависит от типа выбранного стабилитрона *VD4*, а угол восприятия отраженного света — от выбора фотодиода *VD5* и конструкции светоограничителя, приведенной на рис. 19. Корпус светоограничителя *1* изготавливают из металла, причем внутренняя поверхность корпуса должна быть рифленой и окрашенной черной матовой краской. Диаметр окна, расстояние между ним и фотодиодом *2*, а также светочувствительная площадь фотодиода определяют угол восприятия 2α , а следовательно, и геометрические размеры светоограничителя.

Окончательную настройку схемы и градуировку шкал калькулятора проводят путем пробных съемок. Для получения стабильных результатов все съемки следует проводить на фотоматериалах одной партии, обязательно выдерживая постоянный режим обработки.

Настройка может быть закончена после получения данных, соответствующих приведенным в табл. 4. Фотовспышка считается хорошо настроенной, если погрешность экспозиции лежит в пределах $\pm 0,5$ изменения числа диафрагмы. Наибольшая погрешность настройки не должна превышать ± 1 изменения числа диафрагмы. Например, если диафрагмы на +1 будет 8, то на -1 будет 4.

Для удобства эксплуатации фотовспышки целесообразно изготовить калькулятор; объединив его с ручкой переключателя режима работы *S*. Шкала такого калькулятора показана на рис. 20.

На неподвижном основании *3* нанесены условные символы режимов работы (*I–II–III–M*), диапазоны расстояний (в метрах) для трех автоматических программ, шкалы чисел чувствительности и ведущих чисел для двух углов излучения отражателя. На поворотном диске *1*, фрикционно связанном с основанием, нанесена шкала чисел диафрагмы, отсчетные индексы ведущего числа *В* и типа фотоматериала ($\blacktriangle$ — для черно-белого и $\triangle$ — для цветного). На неподвижном диске *2*, соединенном с переключателем *4* (на схеме рис. 18) нанесен отсчетный индекс режима работы ($\blacktriangle$) и стрелки отсчета ($85^\circ \downarrow 30^\circ$) чисел

Номер автомати- ческих программ	Диапазон расстоя- ний, м	Угол излу- чения отра- жателя, ...°	Свето		
			22	32	45
I	1-8	30	1,4	1,7	2
		85	-	1,2	1,4
II	0,6-4	30	2,8	3,4	4
		85	2	2,4	2,8
III	0,6-2	30	5,6	6,8	8
		85	4	4,8	5,6

диафрагмы для двух углов излучения отражателя, для чего в диске сделан вырез.

Эта схема (см. рис. 18) может быть выполнена на других типах импульсных ламп, но в этом случае надо учитывать их параметры. На-

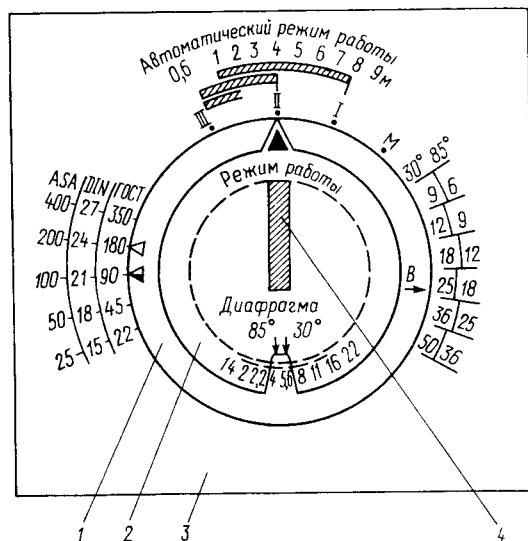


Рис. 20. Калькулятор универсальной фотовспышки

чувствительность пленки, ед. ГОСТ

черно-белой						цветной				
65	90	130	180	250	350	22	32	45	65	90
2,4	2,8	3,4	4	4,8	5,6	-	1,2	1,4	1,7	2
1,7	2	2,4	2,8	3,4	4	-	-	-	1,2	1,4
4,8	5,6	6,8	8	9,9	11	2	2,4	2,8	3,4	4
3,4	4	4,8	5,6	6,8	8	1,4	1,7	2	2,4	2,8
9,6	11	13	16	19	22	4	4,8	5,6	6,8	8
6,8	8	9,6	11	13	16	2,8	3,4	4	4,8	5,6

пример, если вместо ИФК-120 взять ФП-0,04 или ИФК-50, то придется изменять напряжение питания схемы и емкость накопительного конденсатора, так как у этих ламп другое напряжение зажигания и энергия вспышки. Кроме того, необходимо также учитывать внутреннее сопротивление лампы, чтобы сопротивление цепи разряда накопительного конденсатора было не более $1 \dots 1,1$ Ом, в противном случае катушку индуктивности $L1$ из схемы нужно исключить.

Применение ламп, имеющих большее, чем у ИФК-120, напряжение зажигания, требует изменения схемы питания. Такая схема приведена на рис. 21 для лампы ИФБ-300 (аналогичная схема для ИФК-500). Здесь введена схема удвоения напряжения, собранная на диодах $VD1$ и $VD2$.

Конденсаторы $C1$ и $C2$ заряжаются до амплитудного напряжения сети. Их суммарного напряжения, равного 600 В, вполне достаточно для зажигания лампы. В схеме конденсатор $C1$ выполняет роль только добавочного источника напряжения, необходимого для зажигания лампы, поэтому его емкость в 40 раз меньше емкости конденсатора $C2$. Как только зажжется лампа EL , конденсаторы $C1$ и $C2$ начнут через нее разряжаться. Однако конденсатор $C1$ будет разряжаться быстрее (его емкость меньше), напряжение на нем уменьшится, в силу чего откроется диод $VD3$ и конденсатор $C2$ разрядится через него и лампу EL .

Схему можно применять при питании от сети переменного тока без накопительного конденсатора. Для этого вместо однополупериодного выпрямителя, собранного на диодах $VD1$ и $VD2$, нужно собрать мостовую схему на диодах типа ВА-20, выдерживающих при длитель-

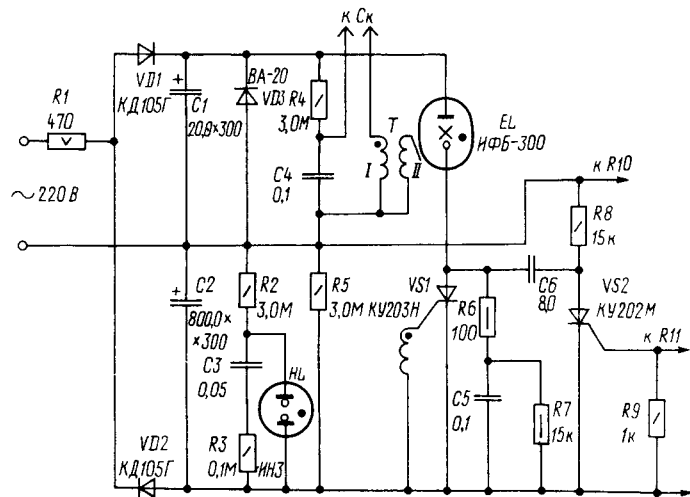


Рис. 21. Схема питания универсальной фотовспышки на лампе ИФБ-300

ности импульса 10 мс ток до 700 А. Кроме того, нужно тиристор КУ-203И заменить на тиристор ТЧ-25, который работает надежнее при длительных импульсах тока. Наконец, нужно увеличить индуктивность катушки $L1$ до 180 мкГн при сопротивлении не более 0,5 Ом.

Автоматическую регулировку длительности светового импульса можно получить также путем изменения схемы фотовспышки "Луч-68" [5]. Принцип действия фотовспышки (рис. 22) рассмотрим, когда колодка-переключатель $XP3$ замыкает контакты 3 и 5 разъема $XS3$, а колодка-переключатель $XP5$ замыкает контакты 1 и 6 разъема $XS5$.

При включении переключателя SA в положение "Бат" или "Сеть" начинают заряжаться конденсаторы $C1$, $C2$, $C3$, $C4$, $C5$, $C6$ и $C7$. Когда переключатель SA находится в положении "Бат", как показано на схеме, конденсаторы $C1$ и $C2$ заряжаются по цепи: от "плюса" источника, через диод $VD5$, резистор $R2$, замкнутые контакты 3 и 5 разъема $XS3$; конденсатор $C3$ — через диод $VD5$, резисторы $R2$, $R3$, $R4$ и $R9$; конденсатор $C4$ — через диод $VD5$, резисторы $R2$, $R6$, $R5$ и $R9$; конденсатор $C5$ — через диод $VD5$, резисторы $R2$, $R6$, часть обмотки трансформатора $T1$, первичную обмотку трансформатора $T2$ и далее через резисторы $R5$ и $R9$; конденсатор $C7$ заряжается до напряжения 100 В через диоды $VD5$ и $VD6$, резисторы $R7$ и $R8$, первичную обмотку трансформатора $T3$ и, наконец, конденсатор $C6$ заряжается через диоды $VD5$ и $VD6$, резисторы $R7$ и $R9$. Время заряда конденсатора $C6$ до напряжения 290 ... 300 В — 2 ... 3 с.

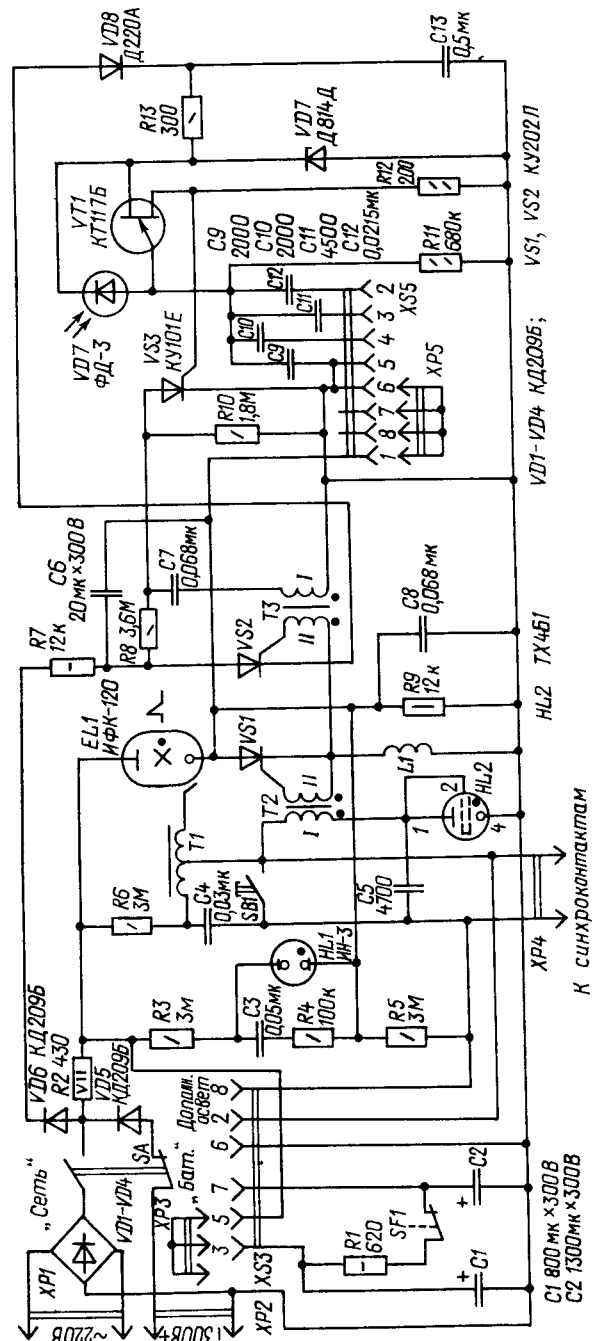


Рис. 22. Принципиальная схема автоматической фотовспышки на основе "Луч-68"

В момент замыкания синхроконтрактов фотоаппарата или контрольной кнопки *SB1* конденсаторы *C4* и *C5* разряжаются. Разряд конденсатора *C4* приводит к появлению высоковольтного импульса в обмотке поджигающего трансформатора *T1*, а разряд *C5* — открывание тиристора *VS1*. В этот момент загорается импульсная лампа *EL1* и начинается разряд конденсаторов *C1* и *C2* через лампу *EL1*, тиристор *VS1*, индуктивность *L1*. Наличие в цепи разряда индуктивности *L1* приводит к возникновению колебательного разряда. Переменное напряжение, создаваемое на катушке индуктивности *L1*, служит источником заряда конденсатора *C13* через диод *VD8*, причем, в свою очередь, конденсатор *C13* становится источником энергии для светоизмерительного узла, собранного на транзисторе *VT1* и фотодиоде *VD7*.

При освещении фотодиода *VD7* начинается заряд конденсатора *C9* до напряжения открывания транзистора *VT1* по цепи: верхняя пластина конденсатора (по схеме) *C13*, резистор *R13*, фотодиод *VD7*, конденсатор *C9*, нижняя пластина конденсатора *C13*. Время заряда конденсатора *C9* зависит от освещенности фотодиода *VD7*. При открывании транзистора *VT1* конденсатор *C9* разряжается через *VT1* и резистор *R12*, что приводит к появлению на нем импульса напряжения, приводящего к открыванию тиристора *VS3*. Теперь конденсатор *C7* разряжается через тиристор *VS3* и первичную обмотку импульсного трансформатора *T3*, что приведет к появлению импульса напряжения на его вторичной обмотке, в результате чего тиристор *VS2* откроется. Конденсатор *C6* начинает разряжаться через открытые тиристоры *VS2* и *VS1* и на аноде тиристора *VS1* возникает обратное напряжение и он закрывается, а лампа *EL1* погаснет.

Для четкого срабатывания тиристора *VS1* при напряжении на лампе *EL1* от 190 до 320 В в первичную обмотку трансформатора *T2* включен тиратрон *HL2* по схеме стабилизатора напряжения, который обеспечивает постоянство напряжения на конденсаторе.

Катушка индуктивности *L1* уменьшает скорость увеличения тока через импульсную лампу *EL1* и тиристор *VS1* в момент включения, что повышает надежность его работы. От индуктивности катушки зависит минимальное напряжение, которое может переключать транзистор *VT1* при выбранном токе через фотодиод *VD7*.

Чем больше чувствительность фотодиода, тем большей емкости могут быть применены конденсаторы *C9–C12*, а чем больше их емкость, тем при меньшем напряжении на базе транзистора *VT1* можно получить значение энергии, необходимое для открывания тиристора *VS3*. Поэтому в случае использования фотодиода (или фототранзистора) более чувствительного, чем ФД-3, можно применить катушку *L1* меньшей индуктивности, что снизит падение напряжения на ней.

Конденсатор *C8* служит для предотвращения в лампе *EL1* тлеющего разряда, который может возникнуть при нажатии на кнопку *SB1*. По-

явление такого разряда приводит к перегреванию и выходу из строя резистора *R9*.

Для фотосъемки при различных значениях диафрагмы установлен разъем-переключатель *XS5*. Его гнездовая часть выполнена в виде октальной ламповой панели, в направляющем ключевом отверстии которой дополнительно пропилены четыре паза для получения пяти фиксированных положений переделанной колодки *XP5* — переключателя энергии от фотовспышки "Луч". Переделка заключается в перестановке штырей в соответствии со схемой. При показанном на схеме положении колодки *XP5* устройство работает в ручном режиме. Для того чтобы перевести фотовспышку в первый автоматический режим колодку надо переключить, замкнув контакты 8, 7, 6, 5. Во втором режиме замыкают контакты 7, 6, 5, 4; в третьем — 6, 5, 4, 3 и в четвертом — 5, 4, 3, 2.

В этой же колодке выполнен "калькулятор" для пересчета диафрагмы в зависимости от чувствительности пленки — 32, 65, 130, 250 ед. ГОСТ. Так как выбор нужной диафрагмы зависит не только от чувствительности пленки, но и от расстояния до объекта съемки, под шкалой со значением диафрагмы указано максимальное расстояние (4, 6, 8, 12 м), с которого возможно фотографирование в автоматическом режиме. Переключение энергии фотовспышки производят колодкой-переключателем *XP3*. В указанном на схеме положении колодки энергия соответствует 40 Дж, при замыкании контактов 5, 7, разъема *XS3* — 60 Дж, а контактов 3, 5, 7 — 100 Дж.

Для уменьшения тока утечки не участвующий в работе конденсатор (*C1* или *C2*) от источника питания отключают выключателем *SF1*, механически связанным с колодкой-переключателем энергии *XP3*. При установке колодки в положение "100 Дж" необходимо выравнять напряжение на конденсаторах *C1* и *C2* замыканием контактов *SF1* (они замыкаются при изъятии колодки).

Все детали устройства собраны на трех отдельных платах из фольгированного стеклотекстолита. На первой плате размещены импульсные трансформаторы *T2*, *T3*, тиристоры *VS1*, *VS2*, катушка индуктивности *L1*, резисторы *R7* и *R9*, конденсаторы *C5* и *C8*, тиратрон *HL2* и диод *VD6*. На второй плате установлены остальные детали устройства, кроме фотодиода *VD7* и конденсаторов *C10* и *C12*. Эти конденсаторы размещены на третьей плате рядом с разъемом *XS5*.

Импульсные трансформаторы *T2* и *T3* выполнены на кольцевом магнитопроводе типоразмера К10Х6Х5 из феррита 600НН или 1000НН. Первичная обмотка содержит шесть витков провода ПЭЛШО диаметром 0,48 мм, вторичная — 30 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,21 мм. Катушка содержит 100 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,64 мм, намотанных на стержне из диэлектрика диаметром 3 мм в три слоя (первый слой содержит 35 витков). Конденсаторы *C5*, *C9...C12* типа КМ или КЛС; конденсаторы *C7* и *C8* — типа КМ, конденсатор *C13* — МБМ или КМ-6, конденсатор *C6* — МБГО. Диоды КД209Б можно

заменить на КД105В, КД105Г. Вместо тиристора КУ101Е может быть применен любой из серии КУ103. При использовании тиристора КУ103В сопротивление резистора $R10$ можно увеличить, а емкость конденсатора $C7$ уменьшить — это снизит потребляемый ток.

В этом устройстве вместо фотодиода ФД-3 могут быть использованы и другие светоприемники с небольшой площадью рабочего окна и необходимой светочувствительностью. Хорошие результаты показал фототранзистор ФТ-2К, но его применение связано с изменением намоточных данных катушки $L1$, которая в этом случае должна содержать 40 витков провода ПЭВ-2 0,64, намотанных в один слой на каркасе диаметром 4,5 мм, заменой стабилитрона Д814Д на Д814А или Д814Б и заменой резистора $R12$ на другой сопротивлением 12...16 кОм.

Настраивать устройство следует на макетной плате, собирая его по частям. Сначала подбирают тиратрон $HL2$, предварительно установив трансформатор $T2$. Для этого параллельно тиратрону подключают вольтметр постоянного тока с входным сопротивлением не менее 15...30 МОм на пределе измерения 300 В. Подключают прибор к тиратрону коротким экранированным проводником. Для проверки напряжения зажигания тиратрона питание на фотовспышку подают через ЛАТР. Плавно увеличивая напряжение, смотрят на шкалу вольтметра. Когда напряжение достигнет 180...200 В, тиратрон должен загореться. Учитывая, что тиратроны имеют большой разброс параметров, эту операцию, возможно, придется повторить несколько раз, пока не будет подобран подходящий экземпляр.

Далее устанавливают тиристор $VS1$ и катушку $L1$. Напряжение на конденсаторах $C1$ и $C2$ доводят до 320 В и нажимают на кнопку $SB1$. Если лампа $EL1$ не загорится, то тиристор $VS1$ можно считать предварительно годным. После этого устанавливают конденсатор $C5$ и снижают напряжение на конденсаторах $C1$ и $C2$ до 190...200 В и опять нажимают на кнопку $SB1$. Если емкость конденсатора $C5$ оптимальна, лампа $EL1$ должна дать вспышку. Если вспышки не произойдет, то следует заменить конденсатор $C5$ на другой, большей емкости, но не более чем 7500 пФ.

Подобрав конденсатор $C5$, приступают к подборке конденсаторов $C9$... $C12$ светорегулирующей части устройства, установив все оставшиеся детали, кроме $R8$, $C7$ и $VD8$. Перед настройкой следует проверить работоспособность фотодиода $VD7$. Его темновой ток должен быть не более 10 мкА, а при освещении его криптоновой лампой накаливания мощностью 100 Вт с расстояния 50 см ток должен быть не менее 28 мкА. Далее к аноду тиристора $VS3$ временно подключают катод светодиода (любого типа), анод которого через ограничительный резистор сопротивлением 300...510 Ом соединяют с общей точкой конденсатора $C13$ и резистора $R13$. В случае отсутствия светодиода можно в эту же цепь включить лампу накаливания, рассчитанную на ток не более 90 мА и напряжение 12...15 В. Источник питания на 12...

15 В подключают параллельно конденсатору $C13$ (минус к аноду стабилитрона $VD7$). Конденсаторы $C10$... $C12$ пока не подключают.

Подборку конденсатора $C9$ начинают с емкости 1500 пФ. После этого определяют чувствительность светоизмерительного узла устройства. Это можно сделать, осветив фотодиод отраженным светом другой фотовспышки мощностью 36...40 Дж с расстояния 5...7 м. Для этого фотодиод располагают так, чтобы на него не попадал прямой свет. Если светодиод загорится, то чувствительность оптимальна, а если не загорится, то нужно выяснить, не велик ли ток включения тиристора $VS3$.

Для этого емкость конденсатора $C9$ увеличивают до 3000...5100 пФ и освещают фотодиод непосредственно светом фотовспышки с расстояния 1...2 м. Если светодиод загорится, то ток включения тиристора $VS3$ слишком большой и нужно его заменить таким, чтобы при емкости конденсатора $C9$ 1500...2000 пФ и освещении фотодиода отраженным светом вспышки происходило четкое открывание тиристора. Если по каким-либо причинам такой тиристор подобрать нельзя, то придется найти более чувствительный фотодиод и заменить конденсатор $C9$ на другой с большей емкостью.

После того, как будет достигнута необходимая чувствительность светоизмерительного узла, монтируют элементы $R8$, $C7$, $VD8$, а на осветитель фотовспышки рядом с рефлектором устанавливают фотодиод так, чтобы на него попадал только ее свет, отраженный от объекта. Для уменьшения угла обзора фотодиод должен быть утоплен в установочном гнезде на 3...4 мм. Внутреннюю поверхность гнезда надо покрасить черной матовой краской.

Устанавливают колодку-переключатель $XP3$ в положение "100 Дж" и подключают фотовспышку к источнику питания. Дождавшись загорания сигнальной лампы $HL1$, направляют осветитель на какой-либо предмет, расположенный на расстоянии 1...2 м, и производят вспышку нажатием на кнопку $SB1$. Затем увеличивая расстояние, производят еще несколько вспышек. Если освещенность объекта изменяется в зависимости от расстояния, то тиристор $VS1$ подобран верно. Если же этого не происходит, то надо проверить, разряжается ли коммутирующий конденсатор $C6$. Это можно определить по выключению на некоторое время лампы $HL1$. Если она при вспышке гаснет, а сила света лампы $EL1$ не изменяется, то это говорит о том, что тиристор $VS1$ имеет слишком большое время выключения и его надо заменить. Время выключения не должно превышать 90 мс. Когда тиристор $VS1$ будет подобран, следует еще раз подобрать конденсатор $C5$. Емкость конденсатора $C6$ не должна превышать 20 мкФ.

После этого нужно еще раз проверить чувствительность светоизмерительного узла, произведя вспышку с расстояния около 8 м. Если длительность вспышки ограничивается, то расстояние увеличивают вплоть до такого значения, когда ограничение прекратится. Найден-

ное расстояние (не менее 10 м) максимальное для выбранного конденсатора $C9$.

Конденсатор $C9$ подбирают таким, чтобы при съемке на пленке чувствительностью 65 ед. ГОСТ с диафрагмой 2,8 (или на пленке 130 ед. ГОСТ, диафрагма 4) с расстояния около 1,5 м получить негатив высокого качества. Для получения визуально заметного изменения плотности негатива емкость надо увеличить не менее чем на 500 пФ.

Для подборки конденсаторов $C10 \dots C12$ надо произвести съемку во всех четырех автоматических режимах, установив диафрагму для первого — 2,8; второго — 4; третьего — 5,6; четвертого — 8, и добиться одинаковой плотности негатива. Если при съемке с расстояния 5...6 м плотность негатива во 2-м и 3-м режимах несколько увеличится, то надо заменить резистор $R12$ на другой, с большим сопротивлением.

9. ФОТОВСПЫШКИ БЕЗ НАКОПИТЕЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА

Фотовспышки с непосредственным питанием от сети переменного тока широкого распространения не получили, так как имеют ряд недостатков, что обусловило в последнее время развитие фотовспышек с накопительным конденсатором.

К существенным недостаткам фотовспышек без накопительного конденсатора относятся непостоянство энергии вспышки и ненадежность ее срабатывания. Вспышка на срабатывает или срабатывает с большим запозданием в момент, когда при замыкании контактов синхронизации мгновенное значение напряжения сети не достигло порога зажигания импульсной лампы. Время замыкания контактов синхронизации у большинства фотоаппаратов составляет примерно $1/9 \dots 1/6$ от установленной выдержки. Например, у фотоаппарата "Зоркий-5" при выдержке $1/30$ с контакты замкнуты $1/200$ с. Поэтому для надежного срабатывания вспышки без накопительного конденсатора время замыкания контактов должно быть не менее $1/50 \dots 1/40$ с.

Отсутствие накопительного конденсатора сокращает до минимума интервалы между вспышками, которые ограничиваются теперь не временем заряда конденсатора, а мощностью рассеяния импульсной лампы. Кроме того, без громоздкого накопительного конденсатора уменьшаются габариты и масса фотовспышки. Поэтому этот тип фотовспышек вызывает интерес у фотолюбителей.

На рис. 23 приведена схема фотовспышки без накопительного конденсатора, выполненная на тиристоре [6]. При подключении фотовспышки к сети конденсаторы $C1$ и $C3$ заряжаются через резисторы $R2$ и $R3$ соответственно. Когда синхроконттакты разомкнуты, напря-

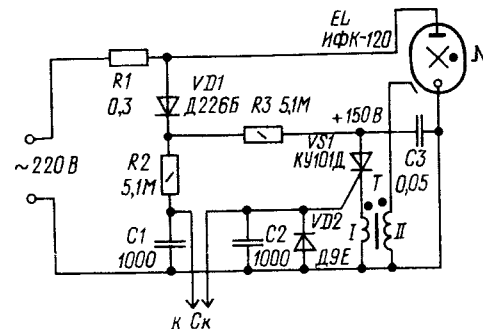


Рис. 23. Фотовспышка без накопительного конденсатора на тиристоре

жение на управляющем электроде тиристора $VS2$ отсутствует и он заперт. При замыкании синхроконттактов $Ск$ напряжение конденсатора $C1$ подается на управляющий электрод тиристора $VS2$, он открывается и конденсатор $C3$ разряжается через тиристор и первичную обмотку поджигающего трансформатора T . Если в этот момент на электродах лампы будет положительная полуволна напряжения больше 160 В, то произойдет вспышка. Если оно будет меньше или отрицательно, вспышки не будет.

Вероятность вспышки в момент замыкания возможно увеличить в два раза, если параллельно импульсной лампе EL подключить вторую импульсную лампу, но обратной полярности. Тогда в момент замыкания контактов синхронизации произойдет вспышка той лампы, на электродах которой будет необходимое для этого напряжение.

Резистор $R1$ изготовляют из проволоки (нихром или константан) диаметром 0,5...0,6 мм, длиной 150 мм, смотанной в спираль.

Резисторы $R2$ и $R3$ — типа МЛТ-0,25. Обмотки поджигающего трансформатора намотаны на сердечнике из феррита М2000НМ типоразмера К10 X 6 X 3. Первичная обмотка содержит пять витков провода ПЭЛШО диаметром 0,31 мм, а вторичная — 600 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,1 мм. После намотки трансформатор пропитывают парафином. Детали монтируют на плате из гетинакса размером 30 X 60 мм.

Фотовспышка имеет ряд недостатков и с целью их устранения разработана [7] сетевая фотовспышка без накопительного конденсатора на основе синхронизированного одновибратора.

При замыкании синхроконтакта фотоаппарата конденсатор $C2$ (рис. 24) заряжается по цепи диод $VD1$, резистор $R4$, конденсатор $C2$ и резистор $R6$. После размыкания синхроконттактов конденсатор $C2$ начинает разряжаться через резисторы $R5$ и $R6$ и на информационном входе D триггера DD формируется пусковой импульс (рис. 25, вход D).

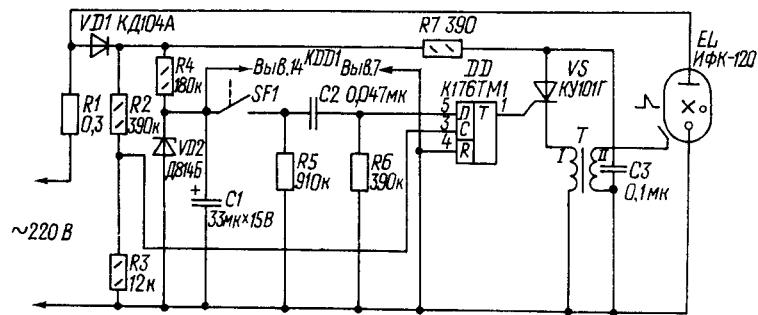


Рис. 24. Фотовспышка без накопительного конденсатора с синхронизацией момента зажигания

С делителя напряжения $R2R3$ на вход C триггера DD поступают тактовые импульсы, представляющие собой положительные полуволны синусоидального сетевого напряжения с амплитудой около 9 В и частотой 50 Гц (рис. 25, вход C). В результате триггер DD переключается либо немедленно, если пусковой импульс совпадает с тактовым, либо с задержкой на период тактовых импульсов (рис. 25, выход). Выходной импульс с триггера поступает на управляющий электрод тиристора VS . Тиристор VS открывается и конденсатор $C3$ разряжается через тиристор и первичную обмотку импульсного трансформатора T . Во вторичной обмотке трансформатора поджига T возникает высоковольтный импульс напряжения, что приводит к появлению вспышки.

Резистор $R1$ ограничивает ток через импульсную лампу EL . Его изготавливают из нихромовой проволоки диаметром 0,5 мм, намотанной на резисторе типа BC-0,5 любого сопротивления, число витков 15...20. Обмотки поджига трансформатора намотаны на кольцевом ферритовом сердечнике 3000НМ типоразмера $K10 \times 6 \times 3$. Первичная обмотка содержит три витка провода ПЭВ-2 диаметра 0,31 мм, а вторичная — 600 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,1 мм. После намотки трансформатор необходимо пропитать парафином.

Для сборки фотовспышки рекомендуется набор № 1 запасных деталей заводского изготовления фотовспышки "Луч-70": корпус, импульсная лампа с отражателем, шнур для подключения к синхроконтakтам фотоаппарата. Все детали монтируются на печатной плате, которая крепится к отражателю сзади.

При распайке кабеля, соединяющего фотовспышку с фотоаппаратом, необходимо внешний вывод разъема синхроконтakтов соединить с верхним по схеме выводом резистора $R5$.

Правильно собранная фотовспышка настройки не требует.

Вместо диода КД104А можно применить диод 2Д104А, а вместо тиристора КУ104Г—2У101Г, КУ101Е.

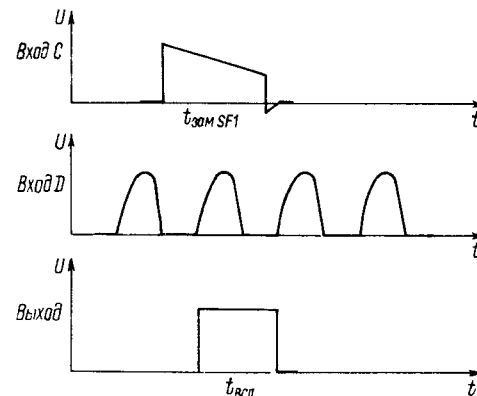


Рис. 25. Временные диаграммы сетевой фотовспышки

Эту фотовспышку можно применять в фотоаппаратах, у которых синхроконтakты соединены электрически с корпусом.

Фотовспышки без накопительного конденсатора не имеют сетевого трансформатора и поэтому вопросы электробезопасности здесь особенно актуальны. С целью повышения электробезопасности таких фотовспышек нужно включать сетевую вилку в розетку таким образом, чтобы нижний по схеме сетевой провод находился под нулевым напряжением относительно "земли". Для этого сетевую вилку необходимо снабдить указателем фазового провода.

В небольшой пластмассовой коробке закрепляют сетевые штыри и устанавливают неоновую лампу таким образом, чтобы можно было наблюдать ее свечение. На наружной поверхности коробки закрепляют любым способом медное кольцо из фольги. Затем один конец резистора сопротивлением 300 кОм припаивают к одному выводу неоновой лампы (ТН-0,2), а другой — к верхнему по схеме сетевому выводу фотовспышки.

Свободный вывод неоновой лампы припаивают к медному кольцу. При включении фотовспышки в сеть вилку берут так, чтобы пальцы касались медного кольца и вилку вставляют в розетку. Если неоновая лампа зажжется — включение правильно, если нет, то надо вилку вынуть из розетки, повернуть на 180° и вновь вставить в розетку — лампа загорится. При таком включении фотовспышки работа с ней наиболее безопасна.

Указатель фазы является одной из мер техники безопасности, поэтому при изготовлении фотовспышки необходимо предусмотреть все возможные предосторожности для безопасной работы с ней.

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

10. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Выдержка при печати, как известно, имеет весьма большое значение и в связи с этим в последние годы появилось немало промышленных и любительских устройств для автоматического отсчета времени. Широко распространены электронные реле времени, принцип работы которых основан на заряде и разряде конденсатора. Это можно пояснить воспользовавшись еще раз рис. 1 и рис. 4.

Конденсатор C через резистор R заряжается до напряжения зажигания неоновой лампы, описываемого уравнением

$$U_C = U_0 (1 - e^{-t/RC}),$$

где U_C — напряжение на конденсаторе, В; U_0 — напряжение источника питания схемы, В; R — сопротивление заряда конденсатора, Ом; C — емкость конденсатора, Ф; t — время заряда конденсатора, с.

На рис. 4 изображены кривые, иллюстрирующие влияние емкости, сопротивления и напряжения на время заряда конденсатора.

Когда напряжение на конденсаторе достигнет напряжения зажигания, неоновая лампа загорится и через нее потечет ток разряда конденсатора. Теперь достаточно в цепь лампы включить электромагнитное реле, которое регистрировало бы этот процесс. Разряд конденсатора также протекает по экспоненте

$$U_C = Ue^{-t/RC},$$

где U — напряжение, до которого конденсатор был заряжен.

Очевидно, что вместо неоновой лампы в схеме можно применять электровакуумную лампу, транзистор, тиристор и другие электронные и полупроводниковые приборы, фиксирующие заданное время выдержки.

Чем больше емкость конденсатора C , тем дольше он заряжается до напряжения зажигания неоновой лампы (см. рис. 4, а). С другой стороны, чем больше сопротивление заряда конденсатора R , тем меньше ток заряда и тем медленнее заряжается конденсатор. Время заряда и разряда конденсатора пропорционально произведению сопротивления R на емкость C . Изменяя сопротивление резистора или емкость конденсатора C , можно в широких пределах и с любым интервалом регулировать выдержку при печати.

Время выдержки зависит не только от значений R и C , оно зависит также от значения и стабильности напряжения источника, от которого конденсатор заряжается. Действительно, время заряда конденсатора до напряжения U_C определяется соотношением

$$t = RC \ln \frac{U_0}{U_0 - U_C}$$

Чем больше напряжение источника U_0 , тем больше ток заряда конденсатора при прочих равных условиях, тем быстрее зарядится конденсатор. Наоборот, уменьшение напряжения источника питания уменьшает ток заряда и время заряда конденсатора увеличивается. Следовательно, точность отсчета времени в значительной степени зависит от напряжения источника питания, поэтому в реле времени применяют выпрямители со стабилизацией напряжения.

Точность отсчета времени можно повысить, усовершенствовав схему. Этого можно достичь, учитывая, например, особенности процесса перезарядки конденсатора.

Процесс перезарядки заключается в следующем. Пусть сопротивление резистора $R_1 > R_2$ и тогда при положении переключателя SA в позиции 1 (рис. 26) в цепи потечет ток заряда конденсатора от плюса источника через конденсатор C , резистор R_2 к минусу источника. Полярность напряжения на конденсаторе будет такой же, как у напряжения источника. После того, как конденсатор зарядится до напряжения источника U_0 , переключатель SA поставим в позицию 2. Теперь напряжение на конденсаторе будет включено последовательно с напряжением источника. В цепи потечет ток, направленный от плюса источника через конденсатор C и резистор R_1 к минусу источника. Это приводит к тому, что напряжение на конденсаторе постепенно уменьшается от U_0 к нулю, а затем конденсатор вновь начинает заряжаться. Полярность напряжения на его пластинах будет противоположной той, что наблюдали при положении переключателя в позиции 1. Таким образом произошел перезаряд конденсатора.

Анализ показывает, что время, в течение которого напряжение на конденсаторе упадет от U_0 до нуля, определяется соотношением $t \approx 0,7 RC$, т. е. не зависит от напряжения источника питания. Задача заключается только в том, чтобы зафиксировать момент, когда напряжение на конденсаторе проходит через нуль. Этот момент можно зафиксировать, применяя схему мультивибратора, где имеет место процесс перезарядки.

Другим способом повышения стабильности отсчета времени служит применение в электрических схемах токостабилизирующих элементов.

Известно, что ток заряда конденсатора и напряжения на нем описываются соотношением $i = C dU_C/dt$. Скорость изменения напряжения на конденсаторе dU_C/dt будет постоянна, если ток заряда конденсатора не будет меняться, т. е. $dU_C/dt = i/C$. Для получения неизменного тока заряда i в цепь необходимо включить элементы, стабилизирующие ток заряда. Такими элементами являются стабилитрон, пентод, транзистор. Например, у транзистора в схеме включения с общим эмиттером при постоянном токе базы ток коллектора изменяется незначительно при достаточно большом изменении напряжения коллектора. Это свойство применяется для получения линейной зависимости напряжения заряда конденсатора от времени.

В схеме реле времени применять большие зарядные емкости нецелесообразно, так как наличие сопротивления току утечки конденсатора ведет к ошибкам выдержки. Большими утечками обладают оксидные конденсаторы, поэтому в схемах

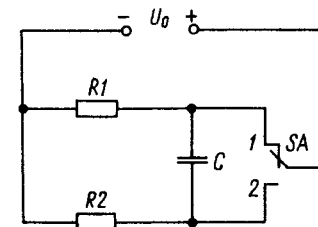


Рис. 26. Схема перезарядки конденсатора

реле нужно применять слюдяные, металлобумажные и другие конденсаторы с малыми утечками. Стабильность выдержек повышается при использовании в схемах конденсаторов типа МПГО вместо широко применяемых типа МБМ. Наибольшая емкость зарядных конденсаторов не должна превышать 25...50 мкФ.

Минимальная емкость конденсаторов определяется током срабатывания электромагнитного реле, который обеспечивается энергией, накопленной конденсатором. Для надежного срабатывания электромагнитного реле зарядная емкость должна быть не меньше 5...10 мкФ. В том случае, когда конденсатор применяется для управления схемой включения реле, где основную роль играет напряжение заряда, емкость конденсатора может быть взята значительно меньше и ограничивается возможностями схемы.

Максимальное сопротивление зарядных резисторов определяется токами утечки зарядных конденсаторов, поэтому не рекомендуется сопротивление резисторов брать больше 15...20 МОм.

Для фотопечати желательно применять реле времени, позволяющие изменять выдержки в широких пределах и с минимальными интервалами. Удобно отсчитывать выдержки, которые отличаются друг от друга в одинаковое число раз. Это значительно упрощает подбор оптимальной выдержки, корректировку освещенности при различном увеличении, упрощает подбор фотобумаги. Поэтому в одних реле времени подбор элементов делают таким, чтобы с переходом от одной ступени к другой выдержка изменялась в два раза, а в других — в меньшее число раз. Например, если изменить выдержку в $\sqrt[3]{2}$ раз (в 1,26), то каждая третья будет отличаться в два раза. Естественно, могут быть подобраны и другие законы изменения выдержек.

В таких схемах относительно невысокая временная стабильность, особенно при изменении температуры окружающей среды. Здесь трудно получить стабильную выдержку продолжительностью более 4...5 мин.

В последнее время широко распространены реле времени, построенные на цифровом принципе отсчета. Такие реле позволяют получить большие выдержки с высокой степенью стабильности. Пределы установки выдержки расширяют путем наращивания числа разрядов счета, а стабильность увеличивают благодаря применению стабильного генератора тактовых импульсов.

Приведенные ниже схемы реле времени предназначены в основном для экспонирования фотобумаги при фотопечати. Однако их можно применять для отсчета времени при других видах фоторабот. При проявлении пленки, фотобумаги, при обработке цветных фотоматериалов может быть применена сигнализация любого вида: звуковая, цифровая, световая. Для этого необходимо только подключить к цепи эту сигнализацию.

11. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ СО ЗВУКОВОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

Реле времени, принципиальная схема которого приведена на рис. 27, позволяет делать отсчет времени как при экспонировании, так и при проявлении фотобумаги и пленки. Схема состоит из источника питания, реле времени, мультивибратора и генератора звуковой частоты. Реле обеспечивает получение стабильных выдержек в диапазоне 1...180 с [8].

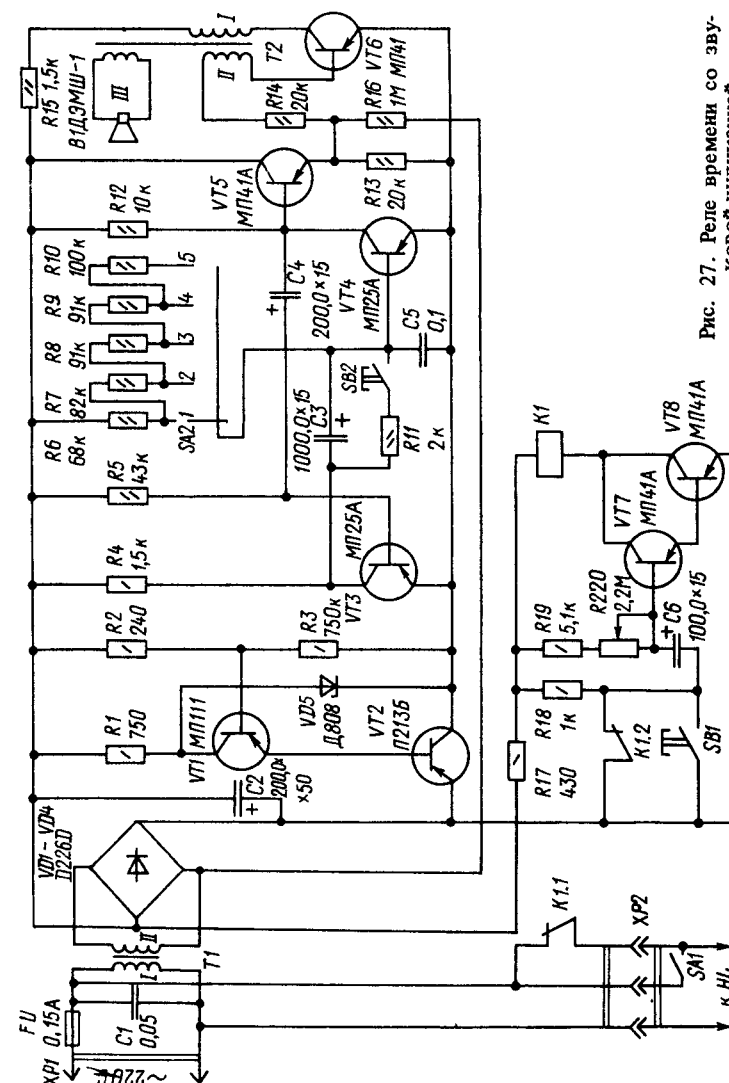


Рис. 27. Реле времени со звуковой индикацией

Отсчет времени можно осуществлять при проявлении в течение 1...5 мин с интервалом 1 мин и с точностью отсчета 5 с и регистрировать его. Интервалы времени устанавливают переключателем *SA2*, положения которого соответствуют 1, 2, 3, 4 и 5 мин. В каждом из этих положений переключателя устройство вырабатывает звуковой сигнал продолжительностью 7...8 с, сигнализирующий об окончании процесса отсчета. Если необходимо отсчитать интервал времени больше 5 мин, но не кратный пяти, следует суммировать интервалы. Например, для отсчета 8 мин необходимо сначала установить переключатель *SA2* в положение 5, начать отсчет времени и по звуковому сигналу переключатель *SA2* поставить в положение 3. Конец следующего звукового сигнала будет соответствовать выдержке, равной 8 мин.

Реле времени, необходимое для отсчета времени при экспонировании, собрано на транзисторах *VT7* и *VT8*, образующих составной транзистор. При включении прибора в сеть на базу транзистора *VT7* через резисторы *R19* и *R20* подается отрицательное напряжение, в результате чего транзисторы *VT7* и *VT8* будут открыты и в цепи коллектора составного транзистора потечет ток. Реле *K1* сработает, его контакты *K1.1* и *K1.2* разомкнутся. Своими контактами *K1.1* оно отключает лампу фотоувеличителя *HL*, контактами *K1.2* снимает блокировку с пусковой кнопки *SB1*. С этого момента времени начинается заряд конденсатора *C6*. Ток заряда потечет от плюса источника через сопротивление перехода база-эмиттер составного транзистора, конденсатор *C6* и, наконец, через резисторы *R18* и *R17* к минусу источника. По истечении приблизительно 1 с конденсатор зарядится почти до напряжения источника. Если теперь нажать на пусковую кнопку *SB1*, конденсатор *C6* окажется подключенным к переходу база-эмиттер составного транзистора, причем на базу относительно эмиттера будет подано положительное напряжение. Это приведет к тому, что составной транзистор закроется, ток в коллекторной цепи прекратится и реле *K1.1* обесточится, обе его контактные группы замкнутся. Контакты реле *K1.1* включают лампу фотоувеличителя *HL*, а контакты *K1.2* блокируют пусковую кнопку *SB1*. Начинается отсчет времени, в течение которого конденсатор разряжается через резисторы *R18*–*R19* и заранее установленный резистор *R20*. По мере разряда конденсатора восстанавливается отрицательное напряжение на базе составного транзистора, в его коллекторной цепи появляется ток и реле *K1* срабатывает. Контакты реле *K1.1* отключают лампу фотоувеличителя *EL*, а его контакты *K1.2* блокируют вновь пусковую кнопку *SB1*.

Длительность экспозиции зависит от сопротивления переменного резистора *R20*. Для установки нужной выдержки его необходимо проградуировать. Во время подбора кадра и наводки на резкость прибор отключают от сети тумблером *SA1*. Так как у обесточенного реле контакты нормально замкнуты, то лампа фотоувеличителя *HL* оказывается подключенной к сети.

Отсчет времени при проявлении обеспечивает устройство, состоящее из мультивибратора и звукового генератора. Мультивибратор отсчитывает интервал времени, конец отсчета которого фиксирует звуковой сигнал.

Несимметричный мультивибратор, собранный на транзисторах *VT3* и *VT4*, работает в автоколебательном режиме. Импульсное напряжение с выхода мультивибратора через эмиттерный повторитель (транзистор *VT5*) подается на звуковой генератор, собранный на транзисторе *VT6*. Звуковой генератор представляет собой простейший блокинг-генератор с коллекторно-базовыми связями, работающий в ждущем режиме. Эмиттерный повторитель устраняет влияние звукового генератора на работу мультивибратора.

В исходном состоянии транзистор мультивибратора *VT3* открыт, а транзистор *VT4* — закрыт. В связи с этим на базу транзистора *VT5* подается отрицательное напряжение, которое с его эмиттерного сопротивления *R13* поступает на базу транзистора *VT6* блокинг-генератора. Транзистор *VT6* оказывается открытым до момента насыщения и поэтому звуковой сигнал отсутствует. Через промежуток времени, задаваемый цепью *C3*, *R6*...*R10*, транзистор *VT3* закрывается, а транзистор *VT4* открывается. Это приводит к тому, что транзистор *VT5* закрывается, в результате чего отрицательное напряжение на базе транзистора *VT6* уменьшается, он выходит из режима насыщения. В транзисторе *VT6* возникают звуковые колебания, сигнализирующие об окончании отсчета времени. Для придания звуковому сигналу приятного тембра через резистор *R16* в цепь базы транзистора *VT6* подается переменное напряжение со вторичной обмотки трансформатора питания *T1*.

В устройстве имеется кнопка ускоренного разряда конденсатора *C3*, что позволяет в любой момент прервать отсчет времени и начать новый. Кнопку *SB2* держат нажатой 1...7 с до тех пор, пока не появится звуковой сигнал. После отпускания кнопки начинается отсчет времени. Задержка отпускания кнопки (после появления звукового сигнала) на 1...3 с приводит к дополнительной погрешности отсчета времени, не превышающей 1 с.

На вторичной обмотке трансформатора *T1* должно быть напряжение 25 В. В схеме можно применить любой унифицированный анодно-накальный (ТАН) трансформатор, напряжение на вторичной обмотке которого равно 28 В. Лишнее напряжение 3 В надо погасить, включив гасящий резистор в первичную или вторичную обмотку трансформатора.

Трансформатор *T2* собран на Ш-образном сердечнике сечением 4 × 6. Обмотки *I* и *II* намотаны проводом типа ПЭЛ диаметром 0,08 мм и имеют соответственно 650 и 400 витков. Обмотка *III* намотана проводом типа ПЭЛ диаметром 0,17 мм и содержит 300 витков.

Транзистор МП111 можно заменить на МП111Б, МП101Б, МП101; транзистор П213Б — на транзисторы П213 и П213А; транзистор МП25А — на МП25Б и транзистор МП41А — на П41.

Постоянные резисторы взяты типа МЛТ, а конденсаторы $C2$, $C3$, $C4$ и $C6$ — типа К50-6.

12. БЕСКОНТАКТНОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Бесконтактное реле [9], принципиальная схема которого показана на рис. 28, позволяет плавно изменять время отсчета от 0 до 70 с. Питание реле осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В. Для достаточно надежной работы реле мощность нагрузки не должна превышать 300 Вт. Изменение сетевого напряжения на 25% не оказывает влияния на значение установленной выдержки.

В положении переключателя SA , показанном на рис. 28, лампа фотоувеличителя EL включается последовательно с тиристором $VS1$ и мостовой схемой выпрямителя, собранного на диодах $VD1 \dots VD4$. Во время положительной полуволны напряжения ток протекает через лампу фотоувеличителя EL , диод $VD4$, тиристор $VS1$ и диод $VD3$, а во время отрицательной полуволны напряжения — через диод $VD2$, тиристор $VS1$, диод $VD1$ и лампу EL . Когда тиристор $VS1$ заперт, цепь питания лампы фотоувеличителя EL разрывается и экспозиция фотоматериала прекращается. Таким образом, задача сводится к тому, чтобы тиристор $VS1$ открывался на время необходимой нам выдержки.

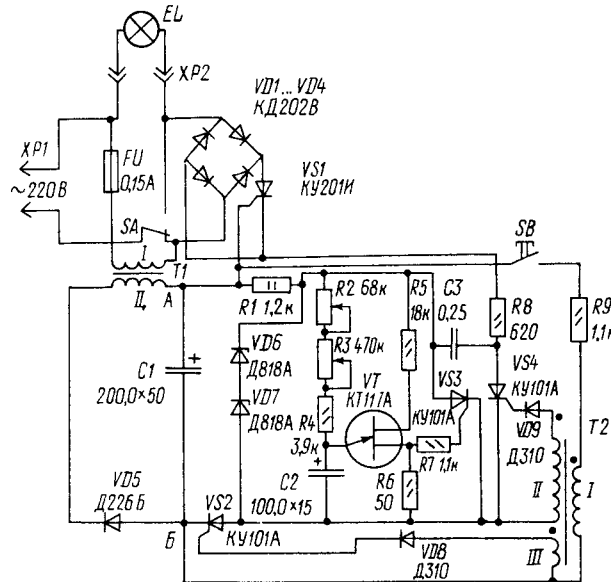


Рис. 28. Бесконтактное реле времени

Отсчет времени начинается с кратковременного нажатия кнопки SB , в результате которого через первичную обмотку трансформатора $T2$ проходит импульс тока. В обмотках II и III наводятся импульсы напряжения, открывающие тиристоры $VS2$ и $VS4$. Открытием тиристора $VS2$ включается цепь заряда конденсатора $C2$, который заряжается через резисторы $R2 \dots R4$ до напряжения отпирания однопереходного транзистора VT . Время заряда конденсатора $C2$ определяется необходимой выдержкой, которая устанавливается переменными резисторами $R2$ (единицы секунд) и $R3$ (десятки секунд). Открытие тиристора $VS4$ приводит к включению цепи управляющего электрода тиристора $VS1$ и цепи заряда конденсатора $C3$. Ток управляющего электрода $VS1$ потечет через резистор $R8$ и тиристор $VS4$, что приведет к отпиранию тиристора $VS1$ и включению лампы фотоувеличителя $EL1$.

Конденсатор $C3$ через резистор $R1$ и тиристор $VS4$ сравнительно быстро зарядится и будет находиться в заряженном состоянии до тех пор, пока не откроется транзистор $VT1$. Как только откроется транзистор $VT1$, на управляющий электрод тиристора $VS3$ поступит положительный импульс напряжения и он откроется.

Открытый тиристор $VS3$ шунтирует цепь заряда конденсатора $C2$, в результате чего через нее ток не течет и отсчет времени прекращается.

Через малое сопротивление тиристора $VS3$ конденсатор $C3$ оказывается подключенным параллельно тиристорам $VS4$, поэтому на аноде тиристора $VS4$ будет отрицательное напряжение относительно катода. Тиристор $VS4$ мгновенно закроется, а конденсатор $C3$ через цепь управляющего электрода тиристора $VS1$ и открытый тиристор $VS3$ перезарядится. Это приводит к тому, что ток управляющего электрода тиристора $VS1$ прекращается и тиристор закрывается при очередном переходе через ноль напряжения сети. Цепь питания лампы фотоувеличителя $EL1$ разрывается и лампа гаснет.

В таком состоянии схема может оставаться до тех пор, пока вновь не будет нажата кнопка $SB1$. При ее следующем нажатии вновь открывается тиристор $VS4$, как следствие этого, открывается тиристор $VS1$ и включается лампа фотоувеличителя $EL1$. Открытый тиристор $VS4$ включает конденсатор $C3$ параллельно тиристорам $VS3$, на его аноде получается отрицательное напряжение относительно катода и тиристор $VS3$ закрывается. Напряжение на транзисторе $VT1$ и в цепи заряда конденсатора $C2$ увеличивается, вновь начинается заряд конденсатора $C2$, т. е. отсчет времени.

Из приведенного описания принципа работы реле времени следует, что оно готово к новому или повторному отсчету времени почти мгновенно. Поэтому кнопку $SB1$ можно нажимать сразу же после отсчета предыдущей выдержки.

Стабильность выдержек при изменении напряжения сети достигается применением в схеме стабилизированного источника питания. При изменении температуры окружающей среды в широком диапазоне

стабильность выдержек обеспечивается однопереходным транзистором VT , имеющим предельные эксплуатационные температуры $-60^{\circ} \dots +120^{\circ}C$.

Стабилизированный источник питания состоит из понижающего трансформатора $T1$, диода $VD5$, конденсатора большой емкости $C1$, резистора $R1$ и последовательно включенных двух стабилитронов $VD6$ и $VD7$. Диод $VD5$ может быть любым в схеме. Он только должен обеспечивать прямой ток 300 мА и иметь обратное напряжение не менее 100 В. Трансформатор $T1$ намотан проводом ПЭВ-1 на сердечнике ШЛ 12 X 20. Его первичная обмотка содержит 4400 витков провода диаметром 0,15 мм, а вторичная — 600 витков провода диаметром 0,35 мм, причем на вторичной обмотке трансформатора должно быть напряжение 30 В.

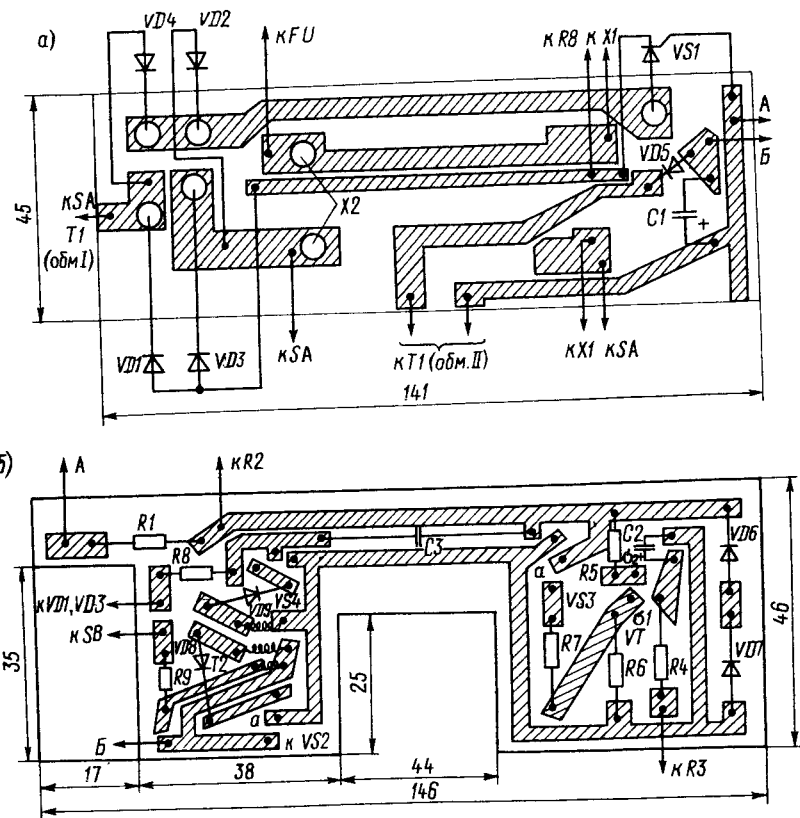


Рис. 29. Печатная плата бесконтактного реле времени: а — узла управления; б — источника питания

Все постоянные резисторы в схеме взяты типа МЛТ, конденсаторы $C1$ и $C2$ — типа К50-6 и конденсатор $C3$ — типа МБМ. Переменные резисторы $R2$ и $R3$ должны быть только группы А, т. е. обеспечивать линейное изменение сопротивления. Тиристоры $VS2$, $VS3$, $VS4$ и транзистор VT могут быть взяты с любыми буквенными обозначениями, но только того же типа. Вместо тиристора КУ201И можно использовать тиристор КУ201Л, а вместо диодов КД202В — диоды той же серии с буквенными обозначениями Г...С.

Трансформатор $T2$ должен иметь коэффициент трансформации 1:1:1. Его можно намотать на ферритовом кольце типа 2000 НМ диаметром 10...12 мм. Все три обмотки намотаны проводом ПЭВ-1 диаметром 0,15 мм по 50 витков в каждой. При намотке необходимо обозначить начало и конец каждой из них. Начало обмотки на схеме обозначается точкой. В схеме можно применить любые промышленные трансформаторы, отвечающие требованиям схемы.

Настройка реле сводится к подбору резисторов $R5$, $R8$ и $R9$. Если при первом включении схема не работает, то следует уменьшить сопротивление резисторов $R8$ и $R9$. Затем подбирают резистор $R5$. Для этого резистор $R2$ полностью вводят, а резистор $R3$ выводят. Подбирая резистор $R5$ добиваются, чтобы выдержка была 10 с. На этом вся настройка заканчивается. С целью установки необходимой выдержки нужно провести градуировку резисторов $R2$ и $R3$.

Вся схема монтируется на двух платах (рис. 29) из фольгированного гетинакса толщиной 1...1,5 мм.

Применение тиристорov в качестве силового переключающего устройства позволяет устранить такие недостатки, присущие электро-механическим реле, как дребезг и обгорание контактов, и позволяет увеличить мощность лампы фотоувеличителя до 500 Вт.

13. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Для получения качественных позитивов необходимо стабилизировать не только выдержку, но и напряжение питания лампы фотоувеличителя. Даже при высокой стабильности выдержки отпечатки могут получиться некачественными, если напряжение сети нестабильно. Колебания напряжения сети влияют на силу света лампы накаливания фотоувеличителя, что приводит к недодержке или передержке фотобумаги при засвечивании.

Реле времени [10], принципиальная схема которого приведена на рис. 30, осуществляет стабилизацию экспозиции, т. е. произведения освещенности на продолжительность выдержки. Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 В и позволяет изменять

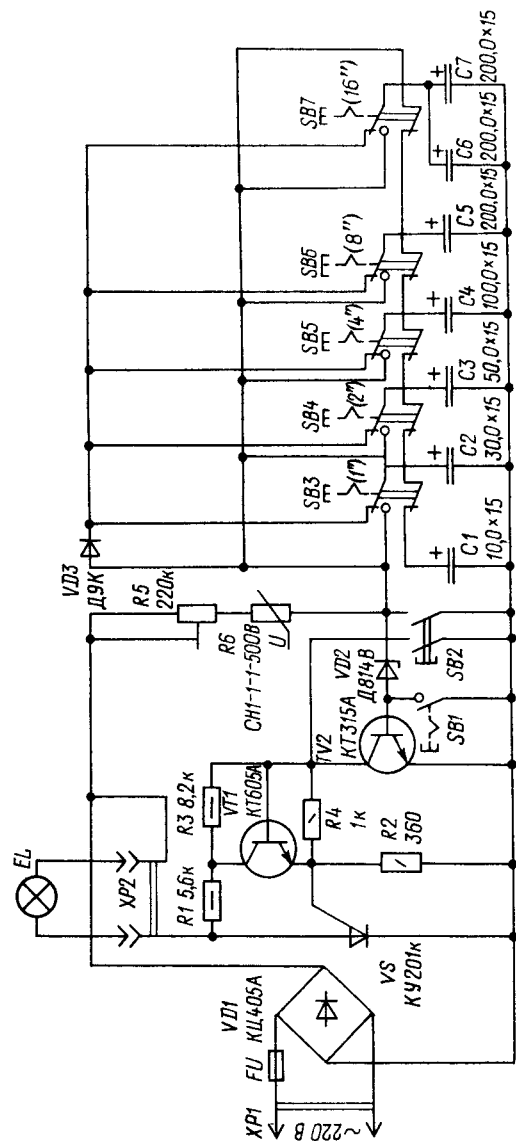


Рис. 30. Реле времени со стабилизирующей экспозицией

выдержки от 0,5 до 31 с. Прибор готов к работе примерно через 1 мин после его включения в сеть.

Выпрямленное, но пульсирующее с частотой 100 Гц напряжение через тиристор *VS* подается на лампу фотоувеличителя *EL*, а через подстроечный резистор *R5*, варистор *R6* и диод *VD3* — на конденсаторы *C1...C7*. Когда конденсаторы *C1...C7* зарядятся до напряжения пробоя стабилитрона *VD2*, прибор будет готов к работе, что произойдет примерно через 1 мин после его включения. После пробоя стабилитрона *VD2* откроется транзистор *VT2*, транзистор *VT1* и тиристор *VS* закроются.

В том положении переключателей, которое показано на схеме, будет заряжаться конденсатор *C1*. Поэтому при нажатии на кнопку *SB2* ("Пуск") одна группа контактов замкнет цепь разряда конденсатора *C1*, а другая, подключив коллектор транзистора *VT2* к общему проводу, предупредит открывание тиристора *VS*. В момент отпущения кнопки *SB2* конденсатор *C1* вновь начинает заряжаться до напряжения пробоя стабилитрона *VD2*. Продолжительность заряда конденсатора *C1* определяет выдержку. В течение всего времени его заряда транзистор *VT2* будет закрыт, а транзистор *VT1* будет управлять тиристором *VS*.

Ток эмиттера открытого транзистора *VT1* создает на резисторе *R2* падение напряжения, достаточное для включения тиристора. Однако тиристор *VS* откроется только в тот момент, когда на его аноде будет напряжение достаточной амплитуды. Как только тиристор *VS* откроется, включив лампу фотоувеличителя *EL*, на нем резко уменьшится напряжение, что приведет к запираанию транзистора *VT1* и тиристор *VS* закроется. В следующий полупериод напряжение на аноде тиристора вновь нарастет, вновь откроется транзистор *VT1* и опять откроется тиристор *VS*, включив лампу фотоувеличителя *EL*. Таким образом, на лампу фотоувеличителя *EL* будет подаваться пульсирующее напряжение частотой 100 Гц. Так будет продолжаться до тех пор, пока конденсатор *C1* не зарядится до напряжения пробоя стабилитрона *VD2*, после чего устройство возвращается в исходное состояние и лампа фотоувеличителя *EL* гаснет.

Число подключаемых переключателями *SB3...SB7* конденсаторов определяет выбранную выдержку. Например, если нужна выдержка 25 с, нажимая на кнопки переключателей *SB3*, *SB6*, *SB7*, получим общую продолжительность выдержки $1 + 8 + 16 = 25$ с. Для длительного включения фотоувеличителя, например при наводке на резкость, нажимают на кнопку *SB1* ("Постоянно"), в результате чего транзистор *VT2* закрывается, а транзистор *VT1* и тиристор *VS* открываются.

Для стабилизации экспозиции в цепь включен варистор (нелинейный полупроводниковый элемент), сопротивление которого зависит от поданного на него напряжения. С увеличением напряжения сопротивление варистора уменьшается и, наоборот, возрастает с уменьшением

напряжения. В данной схеме зависимость сопротивления варистора от напряжения обратно пропорциональна зависимости изменения силы света лампы накаливания при колебаниях напряжения сети. Например, если напряжение сети увеличивается, то из-за уменьшения сопротивления варистора увеличивается ток заряда конденсаторов $C1 \dots C7$, уменьшается время их заряда и автоматически уменьшается выдержка реле времени.

Для настройки реле нужен феррорезонансный стабилизатор напряжения, на выход которого подключают реле времени и лампу накаливания мощностью 100...150 Вт. Эта дополнительная лампа предохраняет феррорезонансный стабилизатор от выхода из строя при отключении лампы фотоувеличителя. К разъему $XP2$ подключают лампу фотоувеличителя EL или настольную лампу на 100...150 Вт, включают стабилизатор, устанавливают выдержку 16 с, включают переключателем $SB2$ реле времени и по секундомеру контролируют продолжительность выдержки. Подстроечным резистором $R5$ добиваются, чтобы она была равна 16 с. Затем подбором соответствующих конденсаторов добиваются требуемой точности других выдержек.

Если мощность лампы фотоувеличителя не превышает 200 Вт, в реле времени можно устанавливать один выпрямительный блок КЦ405В. При увеличении мощности лампы до 400 Вт нужно устанавливать два таких блока, включив их параллельно.

Так как транзисторы в схеме работают в импульсном режиме, то точно измерить напряжения на их электродах довольно трудно, поэтому в табл. 5 приведены ориентировочные данные, которыми можно пользоваться при настройке.

В схеме вместо варистора СН-1-1-500В можно применить варистор СН1-20-1-270В и подбором положения подвижного контакта переменного резистора $R5$ провести настройку. Если этого окажется недостаточно, следует заново подобрать емкости времязадающих конденсаторов $C1 \dots C7$.

Варистор можно заменить двумя резисторами, включенными последовательно: переменным резистором сопротивлением 1 МОм и ограничительным резистором сопротивлением 13 кОм. При такой замене вместо набора времязадающих конденсаторов достаточно будет использовать один конденсатор типа К50-6 емкостью 500 мкФ на 15 В, причем предел изменения выдержек составит 0,5...40 с. Замена варистора двумя сопротивлениями несколько снижает степень стабилизации экспозиции.

В схеме можно диод $VD3$ не применять, но в этом случае появится один недостаток, а именно, после включения реле в сеть и случайном нажатии любой из кнопок $SB3 \dots SB7$ включается лампа фотоувеличителя. Она остается включенной, пока конденсатор или группа конденсаторов, определяющих выдержку, не зарядится до напряжения пробоя стабилитрона $VD2$.

Таблица 5

Режим работы реле	Напряжение на транзисторе				
	$VT1$			$VT2$	
	V_3 , В	V_6 , В	V_K , В	V_6 , В	V_K , В
Лампа фотоувеличителя: не горит	0	0,05	175	0,6	0,05
горит	0,04	0,6	17	0	0,6

В схеме реле вместо тиристора КУ201 можно применять другие тиристоры серий КУ201 и КУ202, рассчитанных на прямое и обратное напряжения не ниже 300 В. Транзистор КТ605А можно заменить на КТ605Б, КТ604А, КТ604Б, а транзистор КТ315А — на транзисторы серии КТ315 с любым буквенным индексом.

С целью обеспечения безопасности реле времени лучше подключать к сети через трансформатор.

14. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ НА ОПЕРАЦИОННОМ УСИЛИТЕЛЕ

Операционным усилителем называют усилитель постоянного тока с очень большим коэффициентом усиления, например у К153УД1А коэффициент усиления находится в пределах $1,5 \cdot 10^4 \dots 8 \cdot 10^4$. Операционные усилители характеризуются также большим входным сопротивлением (более 200 кОм), малым выходным сопротивлением (около 200 Ом) и незначительным напряжением смещения. Они применяются для выполнения математических операций, от которых получили свое название. В последнее время операционные усилители применяются в различных радиоэлектронных устройствах.

Операционный усилитель (К153УД1А), использованный в реле времени, состоит из трех каскадов: входного, выходного и каскада связи. Входной каскад — это дифференциальный усилитель, т. е. устройство, усиливающее разность двух напряжений. Поэтому у операционного усилителя имеется два входа: инвертирующий, обозначенный знаком "минус", и неинвертирующий, обозначенный знаком "плюс".

Сопротивления в схеме операционного усилителя подобраны так, что при нулевых напряжениях на инвертирующем и неинвертирующем входах относительно общего вывода выходное напряжение также было равно нулю. При изменении входных напряжений выходное напряжение может изменяться относительно нуля как в положительную, так и отрицательную стороны. Так как начальные входные и выходные напряже-

ния операционных усилителей равны нулю относительно общего вывода, то их можно непосредственно соединять по каскадно, не применяя разделительных конденсаторов.

Равенство нулю выходных напряжений достигается применением двух источников питания, имеющих относительно земли одинаковые по значению положительное и отрицательное напряжения. Источники питания должны иметь хорошую стабильность напряжения и низкое выходное сопротивление. Последнее устраняет обратную связь через цепи питания между каскадами операционного усилителя.

Для устойчивой работы операционного усилителя (рис. 31) применяют две внешние корректирующие цепи, которые подключаются к выводам 1...8 ($R14, C1$ и $R25, C4$) и 5...6 ($C3, C5$).

Реле времени на операционном усилителе [11], схема которого приведена на рис. 31, позволяет плавно изменять диапазон выдержек от 0 до 1000 с. Этот диапазон разбит на поддиапазоны (резисторы $R3...R12$) с верхними пределами 10, 30, 100, 300 и 1000 с. В пределах поддиапазона время выдержки устанавливается сопротивлением $R18$ — "Выдержка".

Первый каскад, собранный на операционном усилителе $DA1$, совместно с конденсатором $C2$ в цепи обратной связи, создает на конденсаторе $C2$ напряжение (оно же выходное), пропорциональное интегралу от входного напряжения. Выходное напряжение усилителя $DA1$ одновременно является входным на неинвертирующем входе 3 усилителя $DA2$.

Второй каскад, собранный на операционном усилителе $DA2$, осуществляет сравнение значений эталонного напряжения, подаваемого резистором $R18$ на вход 2, с напряжением, поступающим с выхода усилителя $DA1$. Точность сравнения напряжений достигает 1...2 мВ и почти не зависит от температуры в широких пределах.

В исходном состоянии реле $K1$ обесточено, его контакты $K1.2$ и $K1.3$ разомкнуты, а контакты $K1.1$ замкнуты. На входе усилителя $DA1$ и, следовательно, на входе 3 усилителя $DA2$ напряжение равно нулю. На инвертирующий вход 2 усилителя $DA2$ с резистора $R18$ подается эталонное напряжение, от которого зависит время выдержки. На выходе 6 усилителя $DA2$ напряжение положительной полярности близко к 12 В. Это напряжение через делитель $R27...R28$ подается на базу транзистора $VT2$, включенного в цепь обмотки реле $K1$.

При нажатии на кнопку $SB2$ "Пуск", срабатывает реле $K1$. Его контакты $K1.2$ замыкаются и блокируют кнопку $SB2$, контакты $K1.3$ включают лампу фотоувеличителя EL , а контакты $K1.1$ размыкаются и включают конденсатор $C2$, в результате чего начинается отсчет времени.

Напряжение 12 В положительной полярности с выхода стабилизатора, собранного на транзисторе $VT3$, подается на делитель $R1...R2$, задающий входное напряжение усилителя $DA1$. По мере заряда конденсатора $C2$ напряжение на входе 3 усилителя $DA2$ увеличивается

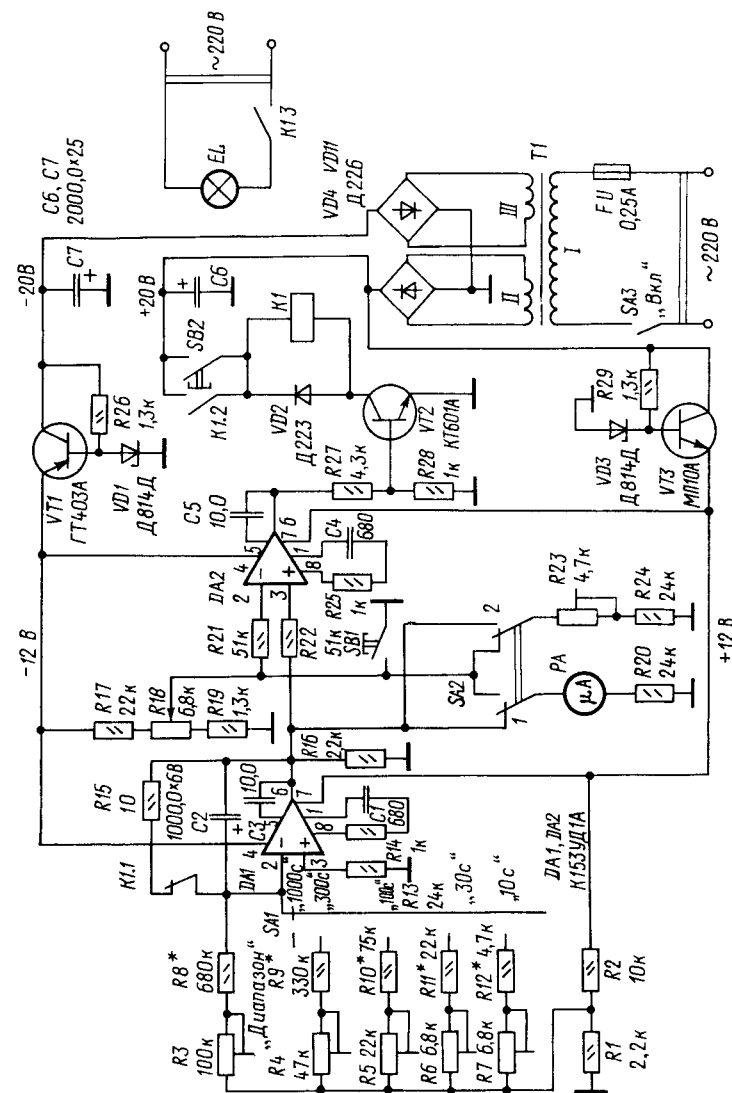


Рис. 31. Реле времени на операционном усилителе

ется и, когда оно превысит эталонное напряжение входа 2 на несколько милливольт, напряжение на выходе операционного усилителя *DA2* изменит свою полярность. Оно станет отрицательным и близким к 12 В, в результате чего транзистор *VT2* закроется и тем самым обесточит обмотку реле *K1*. Контакты реле *K1.3* разомкнутся и лампа фотоувеличителя отключится. Одновременно включаются контакты *K1.1*, что приведет к разряду конденсатора *C2* через резистор *R15* и сравнительно быстро подготовит реле к следующей выдержке.

Необходимую выдержку устанавливают по прибору *P* в положении 2 переключателя *SA2*, а в положении 1 этого же переключателя выдержку контролируют. При увеличении напряжения на выходе усилителя *DA1* увеличивается ток, протекающий через прибор *P*, и, когда он достигнет установленного ранее значения, отсчет времени должен прекратиться. Отсчет времени можно прекратить в любой момент времени нажатием кнопки *SB1* "Стоп". Во время отсчета времени выдержку можно изменять в ту или иную сторону изменением положения подвижного контакта резистора *R18*.

Настройку прибора производят в следующем порядке. Устанавливают подвижный контакт резистора *R18* в верхнем (по схеме) положении, отключают от отрицательного вывода прибора *P* переключатель *SA2*, к верхнему (по схеме) выводу резистора *R18* подключают дополнительный микроамперметр с пределом измерения 100 мкА и запоминают его показание. По аналогии повторяют операции с резистором *R23*, изменяя его сопротивление, добиваются показания дополнительного микроамперметра, которое было при его включении в цепь резистора *R18*. После настройки все соединения в этих цепях восстанавливают.

Напряжение на выходе усилителя *DA1* изменяется по линейному закону, поэтому шкала прибора *P* линейна. Ее градуировку начинают с поддиапазона 1000 с. Переключатель *SA2* устанавливают в положение "Установка" и подвижным контактом резистора *R18* добиваются отклонения стрелки прибора на последнюю отметку шкалы, нажимают на кнопку *SB2* "Пуск" и измеряют время выдержки секундомером. Затем переключатель *SA2* ставят в положение "Отсчет", подбирая сопротивления резисторов *R8* и *R3*, добиваются, чтобы время выдержки было 1000 с. Подобные операции по градуировке шкалы проводят на других поддиапазонах.

В реле времени трансформатор *T1* выполнен на магнитопроводе Ш16 × 29. Первичная обмотка содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,24 мм, обмотки *II* и *III* — по 160 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,42 мм. В схеме применено реле РЭС-22 (паспорт РФ4.500.131), кнопки *KM1* (*SB1* и *SB2*), тумблер *MT3* (*SA2*), переключатель 5П2НПМ (*SA1*) и микроамперметр М24 с пределом измерения 100 мкА и внутренним сопротивлением 740 Ом.

15. РЕЛЕ ВРЕМЕНИ НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

Принцип действия этого реле времени существенно отличается от рассмотренных ранее, основанных на заряде — разряде конденсатора. Здесь применен совершенно другой принцип. Это реле времени создано на логических элементах, которые фиксируют определенное число приходящих импульсов. В схеме реле (рис. 32) имеется двоичный счетчик импульсов (*D7.1*...*D9.2*), по заполнении которого на выходе схемы совпадения *D10* появляется исполнительный сигнал, в результате чего срабатывает исполнительное реле.

Прибор позволяет изменять время выдержки в пределах от одной секунды до 63 мин. Он имеет два поддиапазона: первый — от 1 до 63 с (интервал — одна секунда), а второй — от 1 до 63 мин (интервал — одна минута).

На логических элементах *D1.1* и *D1.2* собран формирователь импульсов. С выхода *D1.2* импульсы прямоугольной формы частотой 100 Гц поступают на десятичный делитель *D3*, а с его выхода импульсы уже частотой 10 Гц — на десятичный делитель *D4*. С выхода *D4* импульсы частотой 1 Гц попадают на переключатель *SA2* и одновременно на вход следующего десятичного делителя *D5*, соединенного с делителем *D6*. Счетчик *D5* уменьшает частоту импульсов в десять раз, а делитель *D6* — в шесть раз. Таким образом, на выходе счетчика *D4* отсчитываются секунды, а на выходе делителя *D6* — минуты. Например, если на вход десятичного делителя *D5* поступит 60 импульсов частотой 1 Гц, то на его выходе получим шесть импульсов с периодом 0,1 мин, а на выходе делителя *D6* — только один импульс с периодом 1 мин. Микро-схемы *D3*...*D6* работают в режиме счета импульсов только в том случае, если на их выходах & и *R₀* имеется логический 0.

С подвижной контактной пластины переключателя *SA2* импульсы поступают на входы логического элемента *D1.3*, а после него — на вход шестизарядного триггерного счетчика, собранного на элементах *D7*...*D9*. Триггерный счетчик собран на *D*-триггерах. *D*-триггер имеет один информационный вход и один синхронизирующий. Под действием входного сигнала и синхронизирующего (тактирующего) импульса он принимает состояние, соответствующее входному сигналу. При этом новая информация появится на выходе триггера только после окончания действия синхронизирующего импульса. Следовательно, на выходе триггера входная информация появится с задержкой на один такт. Она может быть использована в момент прихода следующего синхронизирующего импульса, т. е. в следующем такте. По этой причине такие триггеры называют триггерами задержки или *D*-триггерами от первой буквы английского слова delay (задержка).

Условное обозначение *D*-триггеров приведено на схеме (*D7.1*...*D9.2*). Назначение входов и выходов следующие: вход *R* — установка

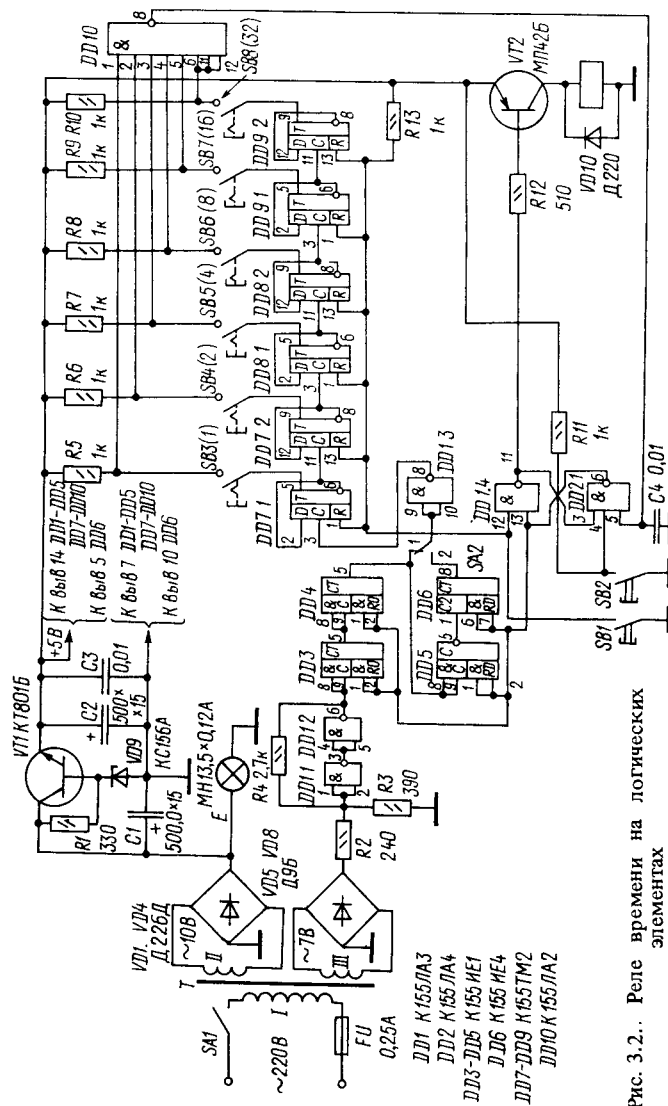


Рис. 3.2.. Реле времени на логических элементах

триггера в состояние 0; вход C — синхронизация триггера; вход D — запись информации; выход Q — прямой; выход $\bar{Q}$ — инверсный. Буквенные обозначения выходов на схеме не приведены.

D -триггер устанавливается в состояние, соответствующее сигналу на входе D , только тогда, когда на вход C поступает синхронизирующий импульс. Другими словами, если на информационном входе D потенциал низкий, то положительный перепад напряжения на синхронизирующем входе C вызывает появление низкого потенциала на выходе триггера и высокого — на инверсном. Если вход D соединить с его инверсным выходом $\bar{Q}$, то каждый перепад напряжения на входе C будет приводить к переходу триггера в противоположное состояние. В этом случае триггер будет работать в счетном режиме с делением частоты на два.

В устройстве применена микросхема K155TM2, содержащая в одном корпусе два D -триггера, каждый из которых имеет информационный D и синхронизирующий C входы, прямой Q и инверсный $\bar{Q}$ выходы. Их прямые выходы через кнопки $SB3 \dots SB7$ соединены с входами схемы совпадения $D10$, а инверсный выход $\bar{Q}$ — с выходом D . Состояние триггерного счетчика задается включением резисторов $R5 \dots R10$ в любой комбинации с помощью кнопок $SB3 \dots SB7$. Когда триггерный счетчик достигнет заданного состояния, на входе схемы совпадения $D10$ появится логический ноль, триггер и элементы $D1.4$ и $D2.1$ изменят свое состояние, в результате чего откроется транзистор $VT2$, сработает электромагнитное реле $K1$, коммутируя цепь нагрузки.

После включения схемы в сеть нажимают кнопку $SB2$ "Сброс", в результате чего на выходе $D2.1$ устанавливается логическая единица, а на выходе $D1.4$ — логический ноль, транзистор $VT2$ открыт и реле $K1$ срабатывает. На входах микросхем $D3 \dots D6$ будет высокий логический уровень, поэтому на их выходах импульсы отсутствуют.

Теперь переключатель $SA2$ устанавливают в нужное положение: (1 — секунды, 2 — минуты), а кнопками $SB3 \dots SB7$ набирают необходимое время экспонирования. К примеру, нужна выдержка 23 с, тогда замыкают $SB6$, $SB5$, $SB4$ и $SB3$ и получают $16 + 4 + 2 + 1 = 23$ с. Все готово к отсчету времени.

Нажимают кнопку $SB1$ "Пуск", вследствие этого триггер, собранный на элементах $D2.2$ и $D1.4$, изменит свое состояние: на выходе $D2.1$ установится логический ноль, а на выходе $D1.4$ — логическая единица. Транзистор $VT2$ закроется, обмотка реле $K1$ обесточится. Одновременно с изменением состояния триггеров $D2.1$ и $D1.4$ триггеры $D7 \dots D9$ установятся в нулевое положение и на вход счетчика $D7.1 \dots D9.2$ начнут поступать импульсы длительностью в одну секунду. После прихода 23-го импульса схема совпадения $D10$ изменит свое состояние и на ее входе появится логический ноль, вследствие чего триггеры $D2.1$ и $D1.4$ изменят свое состояние на первоначальное. Транзистор $VT2$ откроется,

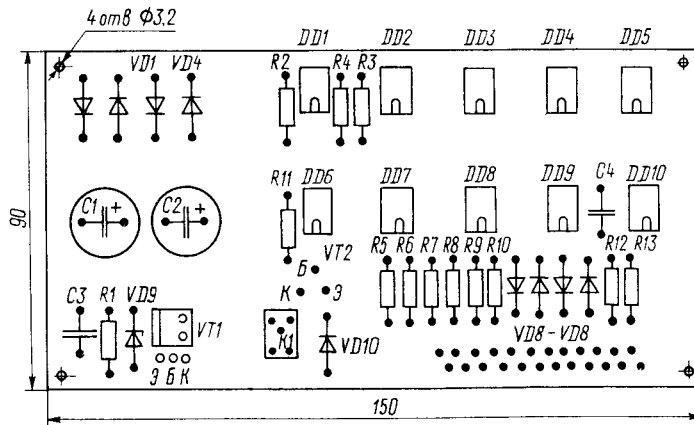


Рис. 33. Расположение деталей на монтажной плате реле времени на логических элементах

реле *K1* работает, контакты *K1.1* включают сигнализирующее устройство.

Реле, собранное из заведомо исправных деталей, без ошибок начинает работать сразу и специальной настройки не требуется. Точность его можно оценить сравнением длительности выдержек с показанием секундомера. При установке выдержки на 30 мин максимальное ее отклонение не более 20 с, что составляет точность 1%.

Трансформатор *T* в схеме намотан на сердечнике Ш20 × 25. Обмотка *I* содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,12 мм, обмотка *II* — 110 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,37 мм и обмотка *III* — 75 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,25 мм. Конденсаторы *C1* и *C2* — типа К50-6 или К50-3, *C3* и *C4* — типа К10-7в, КМ-6 или КЛС. Реле типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.304), переключатели *SA1* и *SA2* — ТВ2-1 или ТП1-2. Диоды *VD1*... *VD4* рассчитаны на средний выпрямленный ток не более 100 мА, остальные диоды могут быть любых типов. Вместо транзисторов КТ801Б можно применить транзисторы П701, КТ807 или КТ603, а вместо транзистора МП42Б — МП21, МП25, МП26, МП40 или МП41 с любыми буквенными обозначениями. Вместо микросхем серии К155 можно применять серии К133, К531, К555, К1531, К1533.

На рис. 33 приведено расположение деталей на монтажной плате. При монтаже не следует объединять в один жгут провода, идущие к микросхемам, с проводами от трансформатора *T1* и диодов *VD1*... *VD8*. Это нужно сделать, чтобы исключить возможный сброс микросхем из-за помех.

Реле удобно применять как при отсчете выдержки для печати, так и при отсчете времени проявления фотопленки и фотобумаги.

Реле времени питается от сети 220 В, его потребляемая мощность не более 5 Вт, а мощность подключенной нагрузки не должна превышать 300 Вт. Пределы установки времени от 0,1 до 9,9 с с интервалом 0,1 с и от 1 до 99 с с интервалом 1 с. Точность отсчета интервала выдержки определяется стабильностью частоты сети, которая служит источником тактовых импульсов [12].

Принципиальная электрическая схема реле изображена на рис. 34. Формирователь тактовых импульсов собран на элементах *DD1.1*, *DD1.2* и счетчиках *DD3*, *DD4*. Элементы *DD1.1* и *DD1.2* включены по схеме триггера Шмитта, на вход которого с диодного моста *VD4* через резистор *R1* подано пульсирующее напряжение с удвоенной частотой сети (100 Гц), а на выходе формируется последовательность прямоугольных импульсов. С выхода 8 счетчика *DD3* — делителя частоты на десять — импульсы частотой 10 Гц через контакты переключателя *SA2.1* и инвертор *DD2.4* поступают на устройство управления. В другом положении переключателя *SA2.1* секундные импульсы снимаются с выхода 8 счетчика *DD4*.

Тактовые импульсы подсчитывают счетчики *DD5*, *DD6*, состояние которых выводится на индикаторы через дешифраторы *DD7*, *DD8*. Переключателями *SA3* и *SA4* устанавливаются время выдержки.

На элементе *DD2.1* собрано устройство совпадения. Сигналы к его входам поступают через стабилитроны *VD1*, *VD3* и транзисторы *VT1*, *VT2*. Если состояние счетчиков *DD5*, *DD6* соответствует положению переключателей *SA3*, *SA4*, то напряжением низкого уровня с выходов дешифраторов через цепи *R8*, *VD1* и *R9*, *VD3* транзисторы *VT1* и *VT2* будут закрыты, а на выходе элемента *DD2.1* установится уровень 0. При изменении положения переключателей *SA3*, *SA4* на выходе элемента *DD2.1* уровень 0 сменится на 1 и высокочастотный генератор устройства управления, собранный на элементах *DD2.2*, *DD2.3*, быстро установит счетчики *DD5*, *DD6* в состояние, соответствующее новому положению переключателей.

Триггер разрешения счета собран на элементах *DD1.3*, *DD1.4*. При нажатии на кнопку *SB1* на выходе элемента *DD1.4* установится низкий логический уровень, разрешающий работу счетчиков формирователя тактовых импульсов и запрещающий работу высокочастотного генератора устройства управления. Импульс с дифференцирующей цепи *C9R12* установит счетчики *DD5*, *DD6* в нулевое состояние. Тактовые импульсы через элемент *DD2.3* будут проходить на счетчики *DD5*, *DD6*. При достижении этими счетчиками состояния, соответствующего установленному времени выдержки, на выходе элемента *DD2.1* установится уровень логического нуля, переключающий триггер разрешения счета в исходное состояние и запрещающий дальнейший счет.

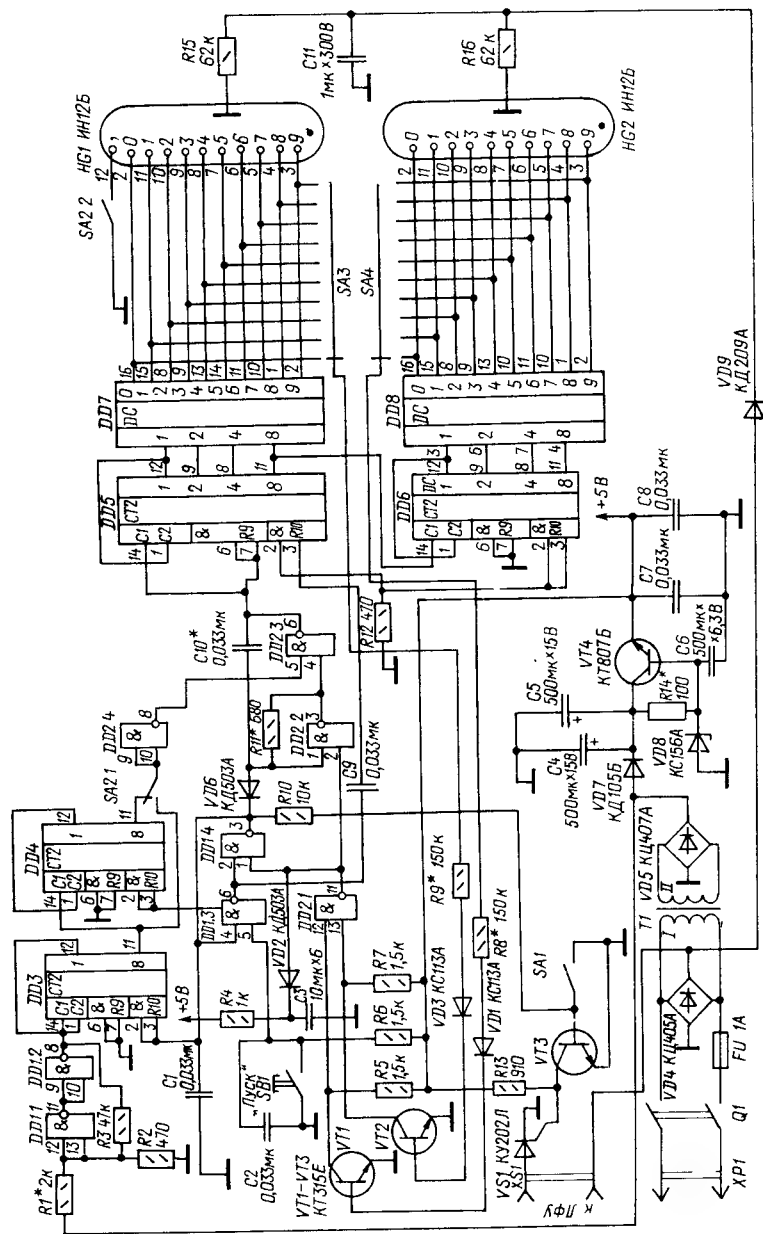


Рис. 34. Реле времени с цифровой индикацией

Напряжение низкого уровня с выхода элемента *DD1.4* закрывает транзистор *VT3*, вследствие чего открывается тиристор *VS1*, включающий лампу фотоувеличителя на время счета.

Конденсатор *C11* предназначен для сглаживания пульсаций напряжения питания индикаторов. При его отсутствии возможны ложные срабатывания устройства совпадения. Диод *VD9* служит для развязки цепи лампы фотоувеличителя от анодной цепи индикаторов *HG1*, *HG2*. Конденсатор *C1* сглаживает короткие ложные импульсы на выходе триггера разрешения счета, не давая ему несвоевременно переключиться. Диод *VD7* развязывает вход формирователя тактовых импульсов от сглаживающих конденсаторов блока питания. Переключатель *SA1* служит для включения лампы фотоувеличителя без выдержки времени. Секция *SA2.2* переключателя *SA2* включает десятичную запятую при выдержке в пределах 0,1...9,9 с. Конденсаторы *C7*, *C8* устраняют импульсные помехи по цепи питания. Конденсатор *C2* служит для подавления дребезга контактов кнопки *SB1*.

При включении устройства триггер разрешения счета может удерживаться в нулевом состоянии, что вызывает режим отработки времени экспозиции, заданного переключателями *SA3*, *SA4*, с произвольного числа. Чтобы устранить этот недостаток, необходимо в момент включения триггер разрешения счета установить в единичное состояние. Это достигается в схеме цепью *R4*, *C3*, диод *VD2*.

В первый момент после включения устройства конденсатор *C3* разряжен, диод *VD1* открыт и вывод анода диода оказывается соединенным с общим проводом. Это вызывает установку триггера разрешения счета в состояние 1. После того, как конденсатор *C3* зарядится до напряжения питания, диод *VD2* закрывается и цепь *R4*, *C3* более не оказывает влияния на работу реле времени. Резистор *R4* служит для ускорения разрядки конденсатора *C3* через цепь питания, так как заряжается конденсатор *C3* в основном выходным током элемента *DD2.1* (выводы 11 у *DD2.1* и 1 у *DD1.4* уже соединены по схеме реле).

Все детали реле времени, за исключением органов управления, разъема *XS1* и держателя предохранителя *FU*, смонтированы на двусторонней печатной плате размером 155 × 95 × 2 мм (рис. 35). Плата рассчитана на установку резисторов типа МЛТ, конденсаторов типа К73-9 (*C1*, *C2*, *C7*... *C10*), К50-6 (*C4*, *C5*), К50-16 (*C6*), МБГО (*C11*). Элементы цепи *R4*, *C3* и *VD2* на плате не указаны, их расположить по своему усмотрению на свободных местах.

В реле использованы переключатели ПТ8-10 (*Q1*, *SA2*), ПТ8-1 (*SA1*), КМ1-1 (*SB1*), ПГМ10-10П1Н (*SA3*, *SA4*).

Диоды КС113 можно заменить на 2С113А; КД503А — на КД503Б, 2Д503А, 2Д503Б; КД105Б — на КД105В и КД105Г; КС156А — на 2С156А; КД209А — на КД205А и КД205Б; КЦ405А — на КЦ405Б, КЦ405В и КЦ405Г; КЦ407А — на КЦ401А и КЦ401Г; транзисторы КТ315Е — на КТ315Б, КТ315Г; КТ807Б — на КТ807БМ.

The schematic diagram illustrates the electronic control system for a sewing machine. It shows the connection between the electronic components and the mechanical parts of the machine. The diagram includes the following components and connections:

- Power Supply:** A transformer (T1) with primary voltage 220V and secondary voltage 0-250V. The secondary is connected to a rectifier bridge (VD1, VD2, VD3, VD4) and a filter capacitor (C1). The output is connected to a fuse (FU) and a switch (Q1).
- Control Circuit:** A network of resistors (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100) and capacitors (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C30, C31, C32, C33, C34, C35, C36, C37, C38, C39, C40, C41, C42, C43, C44, C45, C46, C47, C48, C49, C50, C51, C52, C53, C54, C55, C56, C57, C58, C59, C60, C61, C62, C63, C64, C65, C66, C67, C68, C69, C70, C71, C72, C73, C74, C75, C76, C77, C78, C79, C80, C81, C82, C83, C84, C85, C86, C87, C88, C89, C90, C91, C92, C93, C94, C95, C96, C97, C98, C99, C100) that control the motor (M) and the needle (N).
- Motor and Needle:** The motor (M) is connected to the control circuit. The needle (N) is connected to the control circuit via a switch (SA1) and a switch (SA2).
- Other Components:** A switch (Q1) is connected to the power supply. A switch (SA1) is connected to the motor. A switch (SA2) is connected to the needle. A switch (SA3) is connected to the control circuit. A switch (SA4) is connected to the control circuit. A switch (SA5) is connected to the control circuit. A switch (SA6) is connected to the control circuit. A switch (SA7) is connected to the control circuit. A switch (SA8) is connected to the control circuit. A switch (SA9) is connected to the control circuit. A switch (SA10) is connected to the control circuit. A switch (SA11) is connected to the control circuit. A switch (SA12) is connected to the control circuit. A switch (SA13) is connected to the control circuit. A switch (SA14) is connected to the control circuit. A switch (SA15) is connected to the control circuit. A switch (SA16) is connected to the control circuit. A switch (SA17) is connected to the control circuit. A switch (SA18) is connected to the control circuit. A switch (SA19) is connected to the control circuit. A switch (SA20) is connected to the control circuit. A switch (SA21) is connected to the control circuit. A switch (SA22) is connected to the control circuit. A switch (SA23) is connected to the control circuit. A switch (SA24) is connected to the control circuit. A switch (SA25) is connected to the control circuit. A switch (SA26) is connected to the control circuit. A switch (SA27) is connected to the control circuit. A switch (SA28) is connected to the control circuit. A switch (SA29) is connected to the control circuit. A switch (SA30) is connected to the control circuit. A switch (SA31) is connected to the control circuit. A switch (SA32) is connected to the control circuit. A switch (SA33) is connected to the control circuit. A switch (SA34) is connected to the control circuit. A switch (SA35) is connected to the control circuit. A switch (SA36) is connected to the control circuit. A switch (SA37) is connected to the control circuit. A switch (SA38) is connected to the control circuit. A switch (SA39) is connected to the control circuit. A switch (SA40) is connected to the control circuit. A switch (SA41) is connected to the control circuit. A switch (SA42) is connected to the control circuit. A switch (SA43) is connected to the control circuit. A switch (SA44) is connected to the control circuit. A switch (SA45) is connected to the control circuit. A switch (SA46) is connected to the control circuit. A switch (SA47) is connected to the control circuit. A switch (SA48) is connected to the control circuit. A switch (SA49) is connected to the control circuit. A switch (SA50) is connected to the control circuit. A switch (SA51) is connected to the control circuit. A switch (SA52) is connected to the control circuit. A switch (SA53) is connected to the control circuit. A switch (SA54) is connected to the control circuit. A switch (SA55) is connected to the control circuit. A switch (SA56) is connected to the control circuit. A switch (SA57) is connected to the control circuit. A switch (SA58) is connected to the control circuit. A switch (SA59) is connected to the control circuit. A switch (SA60) is connected to the control circuit. A switch (SA61) is connected to the control circuit. A switch (SA62) is connected to the control circuit. A switch (SA63) is connected to the control circuit. A switch (SA64) is connected to the control circuit. A switch (SA65) is connected to the control circuit. A switch (SA66) is connected to the control circuit. A switch (SA67) is connected to the control circuit. A switch (SA68) is connected to the control circuit. A switch (SA69) is connected to the control circuit. A switch (SA70) is connected to the control circuit. A switch (SA71) is connected to the control circuit. A switch (SA72) is connected to the control circuit. A switch (SA73) is connected to the control circuit. A switch (SA74) is connected to the control circuit. A switch (SA75) is connected to the control circuit. A switch (SA76) is connected to the control circuit. A switch (SA77) is connected to the control circuit. A switch (SA78) is connected to the control circuit. A switch (SA79) is connected to the control circuit. A switch (SA80) is connected to the control circuit. A switch (SA81) is connected to the control circuit. A switch (SA82) is connected to the control circuit. A switch (SA83) is connected to the control circuit. A switch (SA84) is connected to the control circuit. A switch (SA85) is connected to the control circuit. A switch (SA86) is connected to the control circuit. A switch (SA87) is connected to the control circuit. A switch (SA88) is connected to the control circuit. A switch (SA89) is connected to the control circuit. A switch (SA90) is connected to the control circuit. A switch (SA91) is connected to the control circuit. A switch (SA92) is connected to the control circuit. A switch (SA93) is connected to the control circuit. A switch (SA94) is connected to the control circuit. A switch (SA95) is connected to the control circuit. A switch (SA96) is connected to the control circuit. A switch (SA97) is connected to the control circuit. A switch (SA98) is connected to the control circuit. A switch (SA99) is connected to the control circuit. A switch (SA100) is connected to the control circuit.

71

Реле времени с внешним резонатором [13] имеет три поддиапазона выдержек: 0,1 ... 9,9 с, 1 ... 99 с, 1 ... 99 мин.

Основной узел реле (рис. 36) выполнен на микросхеме K176IE12 (*DDI*), специально разработанной для электронных часов. В ее составе генератор, рассчитанный на работу с внешним резонатором *ZQ1* на частоту 32 768 Гц и два делителя частоты с коэффициентом деления 32 768 и 60. Поэтому с выхода *S1* (вывод 4) можно снимать секундные импульсы, а с выхода *M* (вывод 10) – минутные. Кроме того, на выходе *F* (вывод 11) присутствуют импульсы с частотой следования 1024 Гц, которые пригодны для звуковой сигнализации.

Минутные импульсы подаются непосредственно на переключатель поддиапазонов *SA1*, а через него — на десятичный счетчик с дешифратором *K176ИЕВ (DD6)*. Секундные же импульсы с выхода *S1* микросхемы *DD1* подаются на узел корректировки, выполненный на элементах *DD2.1...DD2.3* и *D*-триггера *DD3.1*, и лишь после него поступают на переключатель *SA1*.

Узел корректировки нужен для того, чтобы избежать ошибки в выдержке. Дело в том, что при пуске реле времени, т. е. в момент начала формирования импульсов отсчета, фронт минутного импульса на выходе *M* микросхемы *DD1* появляется через 39 с, а спад (именно по нему и "срабатывает" счетчик-дешифратор *DD6*) — через 59 с. А вот спад секундного импульса следует сразу же после пуска, хотя никакого отсчета времени еще не произошло (такова особенность работы микросхемы). Этот импульс "уничтожается" узлом корректировки и на переключатель *SA1* поступают с вывода 10 элемента *DD2.3* второй и последующие импульсы.

Для получения выдержки, исчисляемой десятными долями секунды, нужны импульсы с частотой следования 10 Гц. Их получают с помощью десятичных счетчиков *DD4*, *DD5*, соединенных последовательно и подключенных к выходу *F* микросхемы *DD1*, на котором формируются импульсы с частотой следования 1024 Гц.

Хотя для этой цепи характерна такая же ошибка, что и для предыдущей, специальный корректирующий узел отсутствует, так как ошибка частично компенсируется ввиду более позднего выключения тиристора *VS1*, управляющего лампой фотоувеличителя.

Счетчики-дешифраторы *DD6* и *DD7* включены последовательно, а их выходы подключены через переключатели *SA2* и *SA3* к входам *DD8.1*, выполняющего роль каскада совпадения. Указанными переключателями задают нужную выдержку в десятых долях секунды, в секундах или минутах в зависимости от положения подвижного контакта переключателя *SA1*. К примеру, в показанных положениях переключателей выдержка равна 11 мин.

Как только выдержка закончится, на выводах 2 микросхем DD6

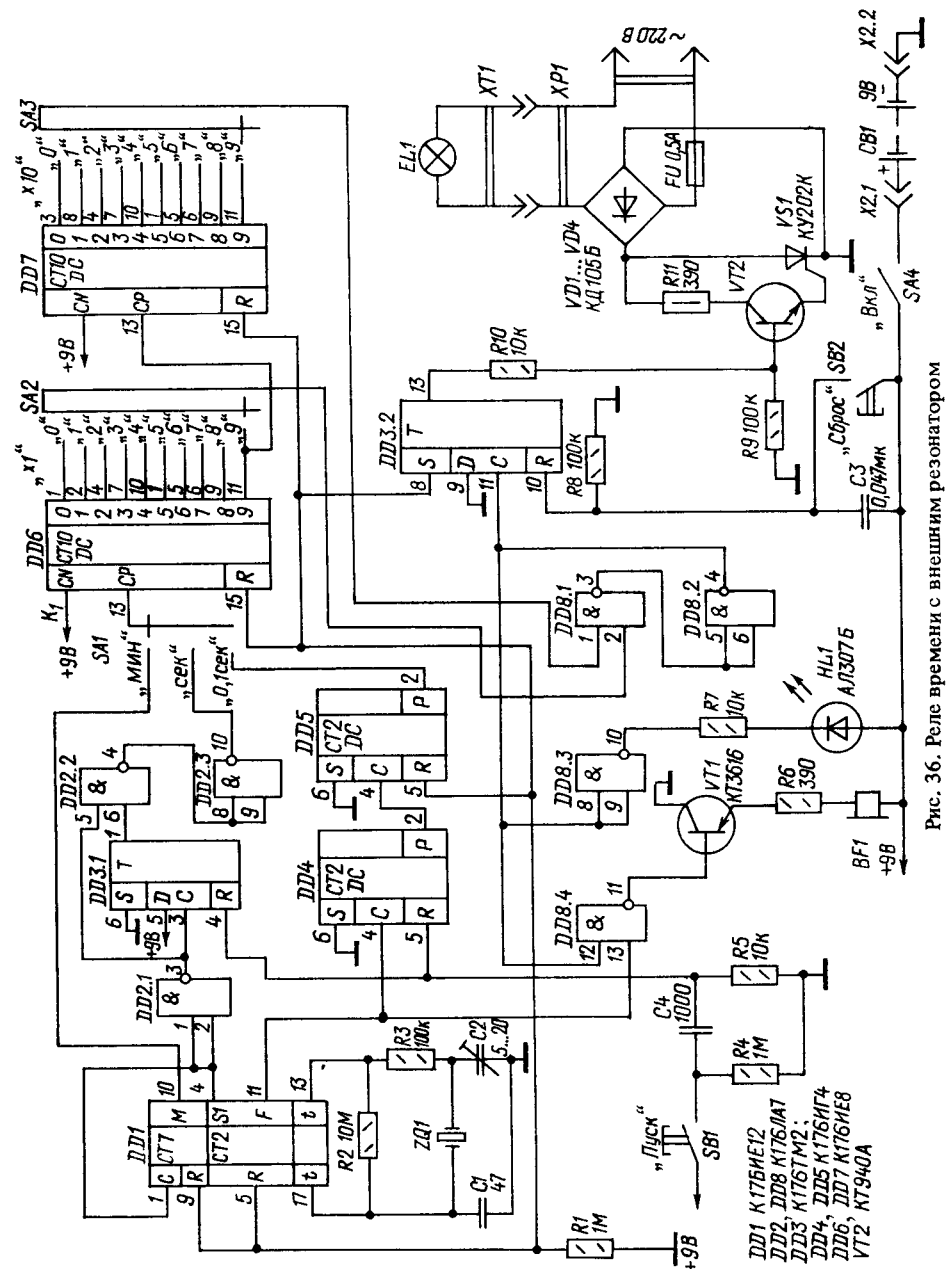


Рис. 36. Реле времени с внешним резонатором

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИ ФОТОПЕЧАТИ

18. ЭКСПОЗИЦИЯ ПРИ ФОТОПЕЧАТИ

Получение хороших позитивных изображений связано с необходимостью правильного подбора экспозиции. Изготовление пробных отпечатков, особенно при цветной печати, приводит к затратам времени, труда и расходу фотоматериалов. Ошибки неизбежно возрастают, если приходится работать с разными видами фотобумаги и разным увеличением. Все эти трудности можно существенно уменьшить, применяя при фотопечати приборы, позволяющие правильно определить экспозицию и получить качественные фотографии с негативов различной плотности и при различном увеличении.

Степень воздействия света на фотобумагу, как и на фотопленку, зависит от ее светочувствительности, которая определяется как величина, обратная экспозиции, т. е. $S = 100/H$, где S — светочувствительность, ед. ГОСТ; H — экспозиция, лк·с. У одного и того же сорта фотобумаги светочувствительность может быть разная, и обычно данные о ней на фабричной упаковке не приводятся. Кроме того, зачастую не известна чувствительность фотобумаг импортного производства, особенно цветных.

Практически значения светочувствительности сосредоточены в узком интервале, определяемом минимальной и максимальной экспозицией. В справочниках эти данные по фотобумагам не всегда приводятся, поэтому бывает полезно определить их экспериментальным путем.

Для нахождения максимальной и минимальной экспозиции фотобумаги делают ступенчатый клин из кусков неэкспонированной и обработанной обычным способом пленки. Клин получают наложением сдвинутых относительно друг друга кусков пленки. В результате каждый последующий слой получается на один больше предыдущего и последний может отличаться от первого на 13...15 слоев пленки. Этот клин фотографируют в проходящем свете, получают негатив, который вставляют в увеличитель и проецируют его изображение на экран. Затем на экран накладывают лист фотобумаги и дают выдержку от 3 до 8 с, после чего обрабатывают обычным способом. На отпечатке замечают два поля клина, которые дают последние различимые друг от друга изображения. Измеряют освещенность этих полей и вычисляют максимальную и минимальную экспозиции, как произведение освещенности на время действия света. Такие измерения полезно выполнить для всех сортов фотобумаги и в дальнейшем результаты этих измерений можно использовать как при печати, так и при градуировке экспонометров.

Для определения выдержки при фотопечати пользуются широко распространенным способом "фиксации уровня серого". По этому способу выдержку определяют по сюжетно наиболее важному участку негатива так, чтобы на нем фотобумага была в необходимой степени засвечена. Выдержка будет равна частному от деления минимальной экспозиции на освещенность. Такой способ хорош для негативов любой контрастности. Однако при очень плотном негативе сюжетно

и $DD7$, а значит, на обоих входах $DD8.1$ появится уровень логической 1. Такой же уровень будет и на выводе 4 $DD8.2$. В результате на выводе 10 $DD8.3$ появится уровень логического 0, что приведет к свечению светодиода $HL1$ и "открыванию" элемента $DD8.4$. Через него теперь будут проходить импульсы частотой следования 1024 Гц на усилительный каскад, выполненный на транзисторе $VT1$. Раздается звук в телефоне $BF1$, извещающий об окончании выдержки.

Лампой фотоувеличителя управляет узел, в который входят триггер $DD3.2$, транзисторный ключ $VT2$, тиристор $VS1$ и выпрямительный мост на диодах $VD1 \dots VD4$. Сразу же после подачи питания (выключателем $SA4$) на реле времени триггер должен устанавливаться в нулевое состояние, при котором тиристор выключен, а значит, погашена лампа. Если этого не происходит, нажимают кнопку $SB2$ "Сброс", и лампа гаснет.

Как только нажимают кнопку $SB1$ "Пуск", триггер $DD3.2$ переходит в единичное состояние. Открывается транзистор $VT2$, включается тиристор и замыкает диагональ моста. Вспыхивает лампа фотоувеличителя. По окончании выдержки появляется логический уровень 1 на выходе $DD8.2$, а значит, на входе C (вывод 11) триггера $DD3.2$. Триггер возвращается в исходное состояние, лампа фотоувеличителя гаснет.

Продолжительность звуковой и световой сигнализации окончания выдержки зависит от установленного переключателем $SA1$ поддиапазона. Так, в первом положении ("М") подвижного контакта переключателя она составит минуту, во втором ("СЕК") — секунду, в третьем ("0,1 СЕК") — десятую долю секунды.

Вместо указанного на схеме $KT316Б$ можно применить другой транзистор этой серии с буквенным индексом В, Г, Е; вместо $KT940А$ — $KT812А$, $KT812Б$, $KT809А$, $KT704А \dots KT704В$. Тиристор может быть $KU202К \dots KU202Н$, $KU201К$, $KU201Л$; светодиод $HL1$ — любой, но обязательно красного свечения (яркость свечения устанавливается подбором резистора $R7$) и возможно меньшим потреблением тока; диоды $VD1 \dots VD4$ — $KД105Б \dots KД105Г$; телефон BF 1-ТМ-2А, капсюль ДЭМШ-1А или другой, сопротивлением не менее 100 Ом (громкость звука устанавливают подбором резистора $R6$); источник питания $GB1$ — "Крона" или другой напряжением 9 В. Резисторы МЛТ-0,125; конденсатор $C1$ — КЛМ, $C2$ — КПК-М.

наиболее важные его участки могут быть наиболее плотными. В этом случае необходимо иметь датчик с очень высокой чувствительностью, поэтому здесь целесообразно пользоваться способом "фиксации уровня черного", т. е. определять выдержку по наиболее светлomu участку негатива, в котором фотобумага должна быть достаточно черной. Выдержка будет равна частному от деления максимальной экспозиции на освещенность.

Выпускаемый нашей промышленностью фотоэкспозиметр для фотопечати "Фотон" частично решает эту задачу. Однако здесь приходится пользоваться еще одним прибором — реле времени, что создает свои неудобства. В последнее время широко распространены приборы, позволяющие определять выдержку и затем производить ее отсчет (совмещение в одном приборе экспозиметра и реле времени).

19. ЭКСПОЗИМЕТР ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ "ФОТОН-1"

Электронный экспозиметр предназначен для безошибочного определения выдержек при проекционной фотопечати черно-белых и цветных снимков в зависимости от плотности негатива и сорта фотобумаги. Экспозиметр рассчитан на работу с любительскими фотоувеличителями всех типов.

Он снабжен стрелочным индикатором, имеющим две шкалы, градуированные в секундах. По одной шкале определяют интервал выдержек от 0,5 до 10 с (*SA1* в положении 1), а по второй — от 10 до 100 с (*SA1* в положении 2). Для удобства эксплуатации в момент замера выдержки включается специальная шкала подсветки и отключается лампа лабораторного фонаря. При определении выдержки это исключает погрешность, вносимую лабораторным фонарем. Экспозиметр при необходимости может быть использован как прибор для измерения освещенности в пределах от 0,5 до 100 люкс.

В качестве выносного фотодатчика применен сернистокадмиевый фоторезистор, имеющий равномерную характеристику для всей видимой области спектра и относительно высокую чувствительность. Фоторезистор заключен в специальный корпус-держатель с крышкой, которая снимается в момент проведения замеров.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 37. Измерительная часть прибора — схема моста, сторонами которого являются резисторы *R9*, *R10*, *R11* и *R12*, причем параллельно резистору *R9* включен фоторезистор *R13*. В одну диагональ моста включен стрелочный индикатор, переменный резистор *R14* и тумблер *SA*, с помощью которого изменяют пределы измерения прибора. В противоположную диагональ моста подается стабилизированное напряжение от стабилизатора, собранного на стабилитроне *VD3*. Чувствительность прибора зависит от напряжения, подводимого к измерительному мосту и регулируемого потенциометром *R8*. Этим самым изменяется ток базы транзистора *VT1*, изменяется его сопротивление и, как следствие, напряжение на выходе транзистора. Питание прибора осуществляется от сети пере-

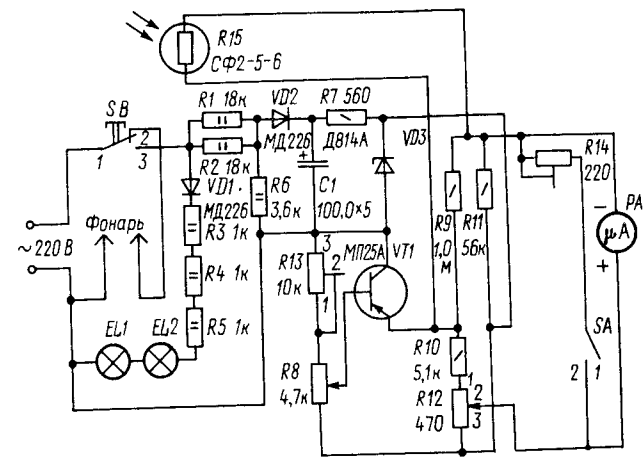


Рис. 37. Схема экспозиметра "Фотон-1"

менного тока напряжением 220 В, а выпрямитель собран по безтрансформаторной схеме.

При включении экспозиметра в сеть напряжение через контакты 1 и 2 кнопки *SB* подается только к гнездам "Фонарь". Мощность коммутируемой лампы лабораторного фонаря должна быть не более 40 Вт. В момент отсчета выдержки необходимо нажать кнопку *SB* "Вкл", контакты 1–2 размыкаются, а контакты 1–3 кнопки *SB* замыкаются. Это приводит к тому, что лампа лабораторного фонаря гаснет, одновременно загораются подсветки шкал и подается напряжение на выпрямитель. Ток в цепи проходит только тогда, когда нажата кнопка *SB*. По окончании замера кнопка *SB* отпускается и схема возвращается в свое первоначальное положение.

В приборе использованы постоянные резисторы типа МЛТ, переменные резисторы ПСП (*R8*, *R12*), ППЗ (*R13*) и СПЗ (*R14*), фоторезистор СФ2-5-б, конденсатор ЭМ и микроамперметр типа М24 на 100 мкА.

20. ЭКСПОЗИМЕТР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Принципиальная схема экспозиметра [14] показана на рис. 38. Прибор состоит из реле времени и экспозиметра и работает как в режиме отсчета интервала времени, так и в режиме определения экспозиции. Экспозиция определяется в положении 1 переключателя *SA*, а интервал времени отсчитывается в положении 2. В режиме "Выдержка" прибор может работать как реле времени с отсчетом интервала времени 1...40 с.

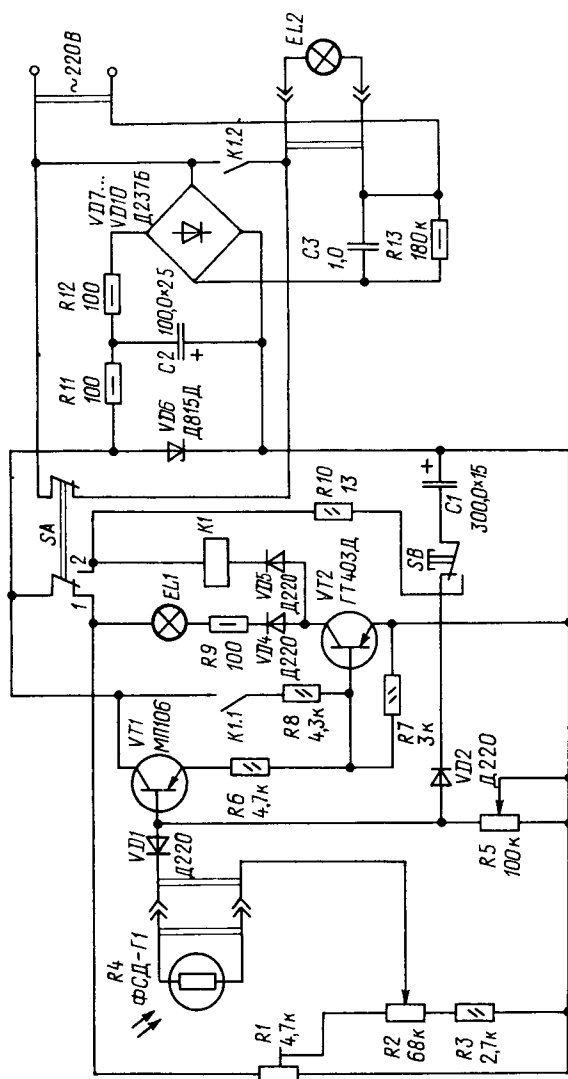


Рис. 38. Экспониметр на транзисторах

При определении экспозиции, когда переключатель *SA* находится в положении *1*, на элементы экспонометра подается напряжение питания. В исходном состоянии транзисторы *VT1* и *VT2* заперты, через переключатель *SA* на лампу фотоувеличителя *EL2* подается напряжение сети. В цепь коллектора транзистора *VT2* включена лампа накаливания *EL1*, служащая индикатором определения момента правильной установки выдержки с помощью переменного резистора *R5*.

Выносной фотодатчик *R4*, закрепленный в специальную оправку, помещают в самую "важную" часть проецируемого кадра. При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшается и через резистор *R5* увеличивается ток, вследствие чего транзистор *VT1* может открыться. Однако при данной освещенности фоторезистора транзистор *VT1* откроется только при вполне определенном положении подвижного контакта резистора *R5*. Как только откроется транзистор *VT1*, сразу же откроется транзистор *VT2* и через лампу *EL1* потечет ток. Момент правильной установки выдержки определяется по появлению слабого накала лампы *EL1*.

Диоды $VD2$ и $VD4$ выполняют роль ограничителей. Действительно, диод $VD2$ предотвращает заряд конденсатора $C1$ через фоторезистор, а диод $VD4$ — через обмотку реле $K1$, диод $VD3$ и лампу накаливания $EL1$. С помощью резистора $R2$ устанавливают чувствительность экспонетра в зависимости от сорта используемой фотобумаги.

После определения нужной экспозиции переключатель *SA* устанавливают в положение 2, в результате чего в коллекторную цепь транзистора *VT2* включается обмотка реле *K1*, а лампа фотоувеличителя *EL2* отключается от сети.

Не изменяя положения подвижного контакта резисторов $R2$ и $R5$, нажимают кнопку SB . Конденсатор $C1$ сравнительно быстро зарядится до напряжения источника питания через малое сопротивление резистора $R10$. С момента отпускания кнопки SB начинается отсчет времени выдержки. Конденсатор $C1$ начинает разряжаться через резистор $R5$ и базовые цепи транзисторов $VT1$ и $VT2$. Транзисторы $VT1$ и $VT2$ откроются, сработает реле $K1$, его контакты $K1.2$ подадут напряжение на лампу фотоувеличителя $EL2$.

По окончании отсчета интервала времени (конденсатор $C1$ разрядится) транзисторы $VT1$ и $VT2$ запираются, реле $K1$ обесточивается и его контакты $K1.2$ отключают лампу фотоувеличителя $EL2$. Для более четкого выключения реле контакты $K1.1$ разрывают цепь подачи дополнительного напряжения смещения на базу транзистора $VT2$.

Для предотвращения разряда конденсатора $C1$ через освещенный фоторезистор $R4$ ставят диод $VD1$. Чтобы во время выдержки конденсатор не разряжался через резистор $R1$, ставят диод $VD3$.

Конденсатор $C3$ служит для уменьшения сетевого напряжения, резистор $R12$ необходим для ограничения тока через выпрямитель

в момент включения, а резистор $R13$ — для разряда конденсатора $C3$ после отключения прибора от сети.

Питание прибора выполнено по бестрансформаторной схеме, что предъявляет повышенные требования к технике безопасности при работе с ним. Корпус прибора должен быть выполнен из изоляционного материала. В схему целесообразно включить трансформатор с одинаковым числом витков в первичной и вторичной обмотках, а мощность его должна определяться мощностью лампы фотоувеличителя $EL2$.

Индикаторная лампа $EL1$ должна быть на напряжении $9...12$ В и ток $55...70$ мА, реле $K1$ может быть любого типа с рабочим напряжением 12 В и током срабатывания $30...50$ мА, транзисторы должны иметь коэффициент усиления по току $30...40$. Вместо фоторезистора ФСД-Г1 можно использовать любой фоторезистор, имеющий чувствительность 5000 мкА/лм · мВ и темновое сопротивление $3 \cdot 10^6$ Ом, например ФСК-1. Однако транзистор $VT1$ в этом случае должен иметь коэффициент усиления по току более 80 (например, КТ203Г) или его надо заменить составным транзистором.

Градуйровку шкалы прибора начинают в положении 2 переключателя SA при работе в режиме реле времени. Изменяя сопротивление резистора $R5$, устанавливают соответствующие выдержки, контролируя время по секундомеру. Затем устанавливают чувствительность прибора, для чего в том режиме при различных выдержках делают несколько пробных отпечатков с негатива средней плотности на фотобумаге "Унибром" и выбирают лучший из них, контрольный. После этого подвижный контакт резистора $R2$ устанавливают в верхнее по схеме положение, что будет соответствовать бумаге "Унибром", а подвижный контакт резистора $R5$ — в положение, соответствующее времени экспозиции выбранного контрольного отпечатка. В положении 1 переключателя SA , поместив фоторезистор $R4$ в проекцию кадра над местом оптимальной плотности, изменяя сопротивление резистора $R1$, добиваются наименьшего накала лампы $EL1$, что соответствует оптимальной чувствительности экспонометра.

Затем производят градуировку резистора $R2$ в зависимости от разновидности фотобумаги, учитывая, что бумаге "Унибром" соответствует верхнее по схеме положение подвижного контакта резистора $R2$. При постоянной освещенности фоторезистора $R4$ поочередно устанавливают резистором $R5$ выдержки, превышающие в $1,2$; $1,7$; $2,5$ и в 10 раз выдержку контрольного отпечатка. При каждой выдержке перемещают подвижный контакт резистора $R2$ вниз (по схеме), каждый раз добиваясь наименьшего накала лампы $EL1$ и отмечая на шкале резистора $R2$ соответственно выдержками тип бумаги: "Фотобром", "Бромпортрет", "Фотоконт", "Контабром" и др.

21. ЭКСПОНОМЕТР С АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ВЫДЕРЖКИ

Экспонометр с автоматической установкой выдержки позволяет быстро и точно определить время выдержки при проекционной и контактной печати и получить с первого раза отпечатки высокого качества [15]. Это свойство прибора особенно ценно, если нужна всего лишь одна фотография. Прибор состоит из реле времени, отсчитывающего выдержки $1...110$ с, и экспонометра. Определение выдержки при подготовке установки к ее отсчету происходит автоматически.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 39. При включении экспонометра в сеть загорается индикаторная лампа HL , сигнализирующая о том, что цепь подключена к сети напряжением 220 В и реле $K1$ обесточено. Для определения выдержки переключатель $SA3$ ставят в нижнее по схеме положение. Это приводит к тому, что на схему фотоза экспонометра подается напряжение питания и включается лампа фотоувеличителя $EL1$. Переменный резистор $R24$ устанавливают в положение в соответствии с чувствительностью фотобумаги.

Пленку вставляют в фотоувеличитель, устанавливают резкость и масштаб изображения и фоторезистор $R1$ помещают в самую "важную" часть проецируемого кадра. При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшается и транзистор $VT1$ открывается. Через цепь, состоящую из резисторов $R2...R11$ (единицы секунд), $R14...R23$ (десятки секунд), диод $VD1$ и транзистор $VT1$ потечет ток. С помощью переключателей $SA1$ и $SA2$ постепенно увеличивают сопротивление последовательно соединенных резисторов $R2...R11$ и $R14...R23$, что приводит к увеличению отрицательного напряжения на затворе полевого транзистора $VT2$ и он начинает открываться. Это вызывает увеличение положительного напряжения на управляющем электроде тиристора $VS1$ и при определенном наборе резисторов $R2...R11$ и $R14...R23$ тиристор $VS1$ открывается. Реле $K1$ срабатывает и индикаторная лампа HL гаснет.

Незначительное уменьшение отрицательного напряжения на затворе полевого транзистора $VT2$ приводит к запирающему тиристора $VS1$, в результате чего реле $K1$ обесточивается и индикаторная лампа HL включается. Поэтому после того, как подобраны резисторы $R2...R11$ и $R14...R23$ и индикаторная лампа HL погасла, переключатель $SA1$ переводят на одно положение в сторону уменьшения сопротивления цепи, реле вновь обесточивается, и индикаторная лампа HL включается. Затем поворачивают кольцо диафрагмы объектива фотоувеличителя, уменьшая яркость изображения до тех пор, пока реле $K1$ не сработает и лампа HL вновь погаснет. Теперь прибор подготовлен к экспозиции фотоматериалов.

За время определения необходимой экспозиции конденсатор $C2$ успевает зарядиться до напряжения приблизительно 17 В по цепи от

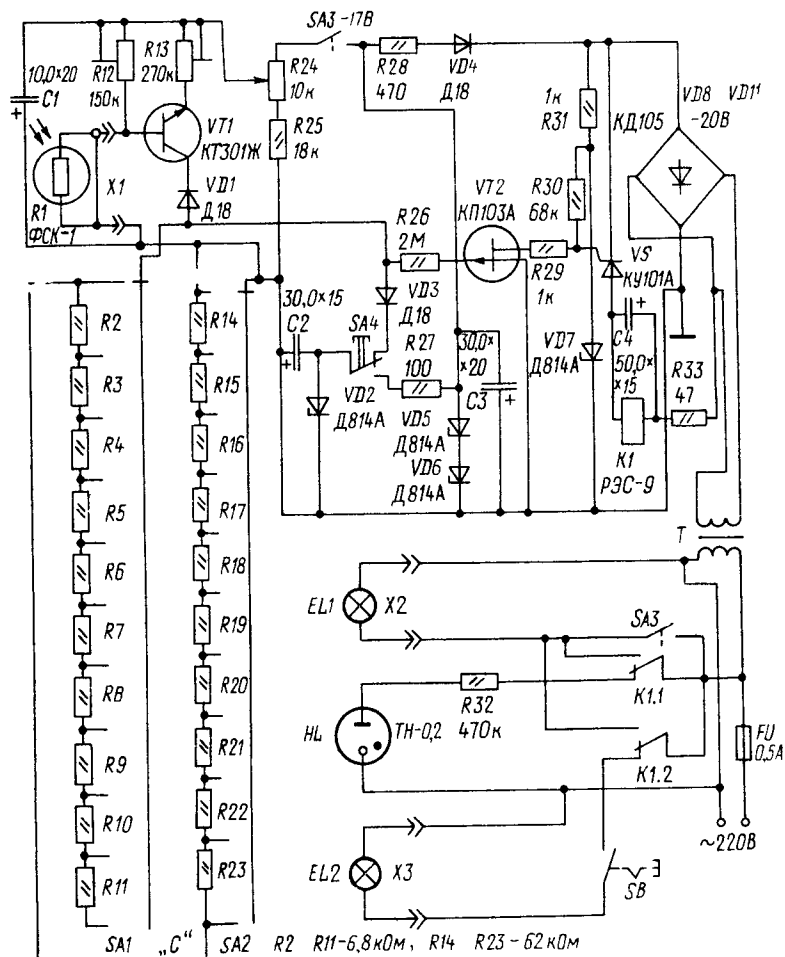


Рис. 39. Экспозиметр с автоматической установкой выдержки

”плюса” источника через резисторы $R27$, $R28$ и диод $VD4$ к минусу источника.

Переключатель $SA3$ переводят в верхнее по схеме положение, вследствие чего лампа фотоувеличителя $EL1$ гаснет, а фотоэкспозиметр перестает функционировать. На основание кладут лист фотобумаги и нажимают кнопку $SA4$. Конденсатор $C2$ начинает разряжаться, что автоматически отсчитывает время необходимое для экспонирования. Он разряжается через резисторы $R14 \dots R23$ и $R2 \dots R11$, установленные при определении времени выдержки, и диод $VD3$. Отрицательное напряжение, создаваемое током разряда конденсатора $C2$

на резисторах $R2 \dots R11$ и $R14 \dots R23$, через резистор $R26$ подается на затвор полевого транзистора $VT2$, который открывается. В результате этого открывается тиристор $VS1$ и реле $K1$ срабатывает, включая своими контактами лампу фотоувеличителя $EL1$. Одновременно отключается индикаторная лампа HL .

По мере разряда конденсатора $C2$ отрицательное напряжение на затворе полевого транзистора $VT2$ уменьшается, уменьшается положительное напряжение на управляющем электроде тиристора $VS1$ и при некотором его значении тиристор $VS1$ мгновенно закрывается. Реле $K1$ обесточивается, включается индикаторная лампа HL и включается лампа фотоувеличителя $EL1$. Процесс отсчета времени выдержки закончен.

Настройку прибора производят путем подбора сопротивлений резисторов времязадающей цепи $R2 \dots R11$, $R14 \dots R23$ и емкости конденсатора $C2$. Чтобы выдержки были линейными, конденсатор $C2$ должен иметь малые утечки.

Точную настройку прибора доводят подбором сопротивления резистора $R30$, так как при его уменьшении время выдержки увеличивается. Отсчет времени при настройке контролируется по секундомеру.

При длительных выдержках реле $K1$ может срабатывать нечетко. Оно может включаться сдребезжанием и повторными включениями. Это явление имеет место вследствие малой мощности трансформатора T , вследствие большого тока, потребляемого самим реле, и, наконец, из-за малого сопротивления резистора $R30$. Ток срабатывания реле устанавливается подбором сопротивления резистора $R33$.

Дальнейшая настройка экспозиметра производится непосредственно в фотолаборатории. Вначале проекционным методом при минимальных и максимальных масштабах увеличения, переместив кольцо диафрагмы объектива до упора, с помощью реле времени получают хорошие отпечатки на фотобумаге ”Унибром”. В этом случае важно, чтобы качество обоих отпечатков было одинаковым и на них не должна существенно сказываться длительная обработка проявителем.

С помощью фотоувеличителя добиваются наибольшего изображения кадра и устанавливают переключателями $SA1$ и $SA2$ выдержку 15 с, резисторы $R12$, $R13$ и $R24$ — в среднее положение, а переключатель $SA3$ — вниз (по схеме). На изображение, проецируемое через красный светофильтр, накладывают фоторезистор $R1$. С помощью переменного резистора $R12$ добиваются сначала, чтобы индикаторная лампа HL выключилась, а затем, вращая подвижный контакт в обратную сторону, включают ее снова. Затем фотоувеличитель переводят на минимальное увеличение, а переключателями $SA1$ и $SA2$ устанавливают выдержку 2 с. Теперь индикаторную лампу HL отключают, перемещая подвижной контакт резистора $R13$, а затем, вращая подвижной контакт в обратную сторону, включают индикаторную лампу HL .

Настройку прибора при минимальной и максимальной яркости изображения производят несколько раз. В первом случае с помощью резистора $R12$, а во втором — с помощью резистора $R13$. После настройки прибора резисторы $R12$ и $R13$ не трогать, а лучше будет, если положения их контактов закрепить.

Теперь можно делать отпечатки при любых увеличениях и с любых пленок, определяя предварительно время выдержки через красный светофильтр. Таким образом, если бумага не чувствительна к красному свету, определяют время выдержки и для других изображений при различных увеличениях.

В процессе эксплуатации прибора рекомендуется составить таблицу положений подвижного контакта переменного резистора $R24$ в зависимости от чувствительности применяемых фотоматериалов.

При необходимости лампа красного фонаря $EL2$ может быть отключена кнопкой SB .

Схема прибора монтируется на печатной плате, изображенной на рис. 40. Фоторезистор вставляется в пластмассовый корпус и закрывается матовым стеклом.

В приборе использованы постоянные резисторы типа МЛТ, а переменные резисторы $R12$, $R13$ и $R24$ должны быть группы А, чтобы обеспечить линейное изменение сопротивления. Можно применить любые унифицированные трансформаторы ТАН, подобрав вторичное напряжение около 20 В, или типа ТПП, соединив последовательно вторичные обмотки. Реле РЭС-3 (паспорт РС4.524.200 Сп) имеет сопротивление обмотки 500 Ом, максимальный ток срабатывания 30 мА, минимальный ток отпускания 5 мА, рабочее напряжение 23...32 В. Транзистор КТ301Ж можно заменить на 2Т301Ж, КТ301Е, 2Т201Г; транзистор

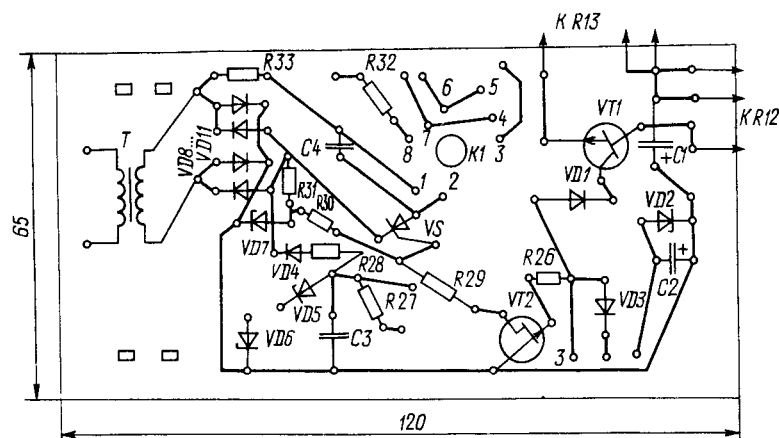


Рис. 40. Печатная плата экспонометра с автоматической установкой выдержки

КП103А — на транзисторы этой же серии с любым буквенным обозначением; тиристор КУ101А — на КУ101Е, КУ202Н; фоторезистор ФСК-1 — на ФСК-1а, ФСК-Г2, ФСК-6.

22. ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЙ ФОТОЭКСПОЗИМЕТР

В основу работы экспонометра [16] положено изменение тока через фоторезистор с индикацией результата на трехразрядном цифровом табло в режиме прямого счета и формирование соответствующей выдержки, отображаемой в режиме обратного счета. Прямой счет синхронизирован частотой сети. Собственно счет идет в течение одной половины периода сети, а индикация — в течение другой половины.

Устройство (рис. 41) позволяет устанавливать выдержку от 0,1 до 99,9 с. В него входят блок выбора режима работы (кнопки $SB1...SB3$, RS-триггер на элементах $DD2.2$, $DD3.1$, $DD3.2$, $DD2.3$) с узлом индикации (светодиоды $HL1...HL3$, элементы $DD6.1...DD6.4$), тактовый генератор (элементы $DD1.1...DD1.4$), логический блок (элементы $DD2.4$, $DD4.1...DD4.4$, $DD5.1$, $DD5.2$, $DD8.1$, $DD8.2$, $DD9.1$, $DD9.2$, $DD11.1...DD11.3$, триггер $DD8.3$, $DD8.4$, счетчик $DD7$), блок счета импульсов и индикации (счетчики $DD12$, дешифраторы $DD13$, элементы $DD10.1...DD10.3$, $DD9.3$), блок измерения (транзисторы $VT1...VT3$, ОУ $DA1$, фоторезистор $R21$, элемент $DD11.4$), блок электронных ключей (элементы $DD14.1$, $DD14.2$, тиристоры $VS1$, $VS2$) и блок питания.

Прибор имеет три режима работы: "Измерение", "Стоп", "Экспозиция". В режиме "Измерение" экспонометр балансируют по "серому тону" на проекции негатива переменными резисторами $R22$ "Грубо" и $R23$ "Точно". В промежуточном режиме "Стоп" на табло появляется результат измерения в секундах. Возможна и ручная установка или коррекция выдержки от 0,1 до 99,9 с теми же регуляторами — "Грубо" и "Точно". В режиме "Экспозиция" табло показывает время, оставшееся до конца обратного счета.

После включения фотозащелки в сеть нажимают на кнопку "Стоп". Сформированный на выходе элемента $DD3.1$ сигнал 1 поступает на вход элемента $DD14.1$ (выводы 1, 2) и разрешает прохождение импульсов с тактового генератора на второй вход элемента $DD14.1$ (выводы 4, 5). Импульсы этого элемента после трансформации выпрямляет диод $VD15$, и постоянное напряжение с конденсатора $C18$ открывает тиристор $VS1$ — включается лампа $EL1$ красного фонаря. Частота генератора — около 100 кГц.

Триггер RS в блоке выбора режима работы имеет три устойчивых состояния, каждое из которых соответствует нажатию на ту или иную кнопку $SB1...SB3$. Для определения необходимого времени экспонирования фотобумаги нажимают на кнопку $SB1$. Элемент $DD3.1$ сфор-

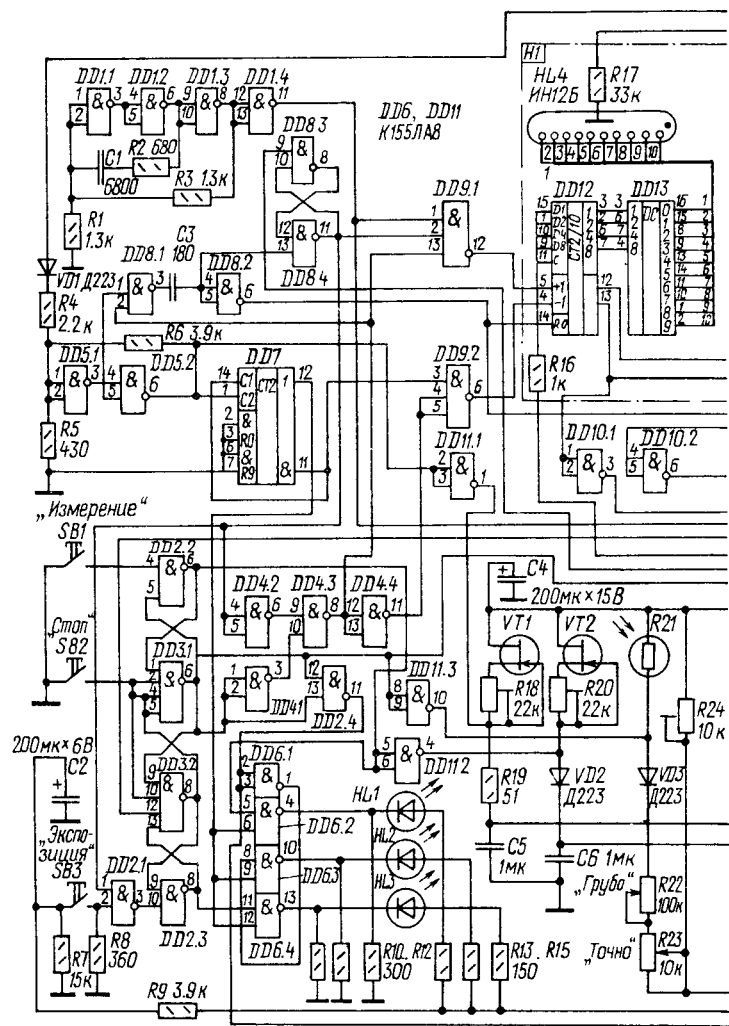
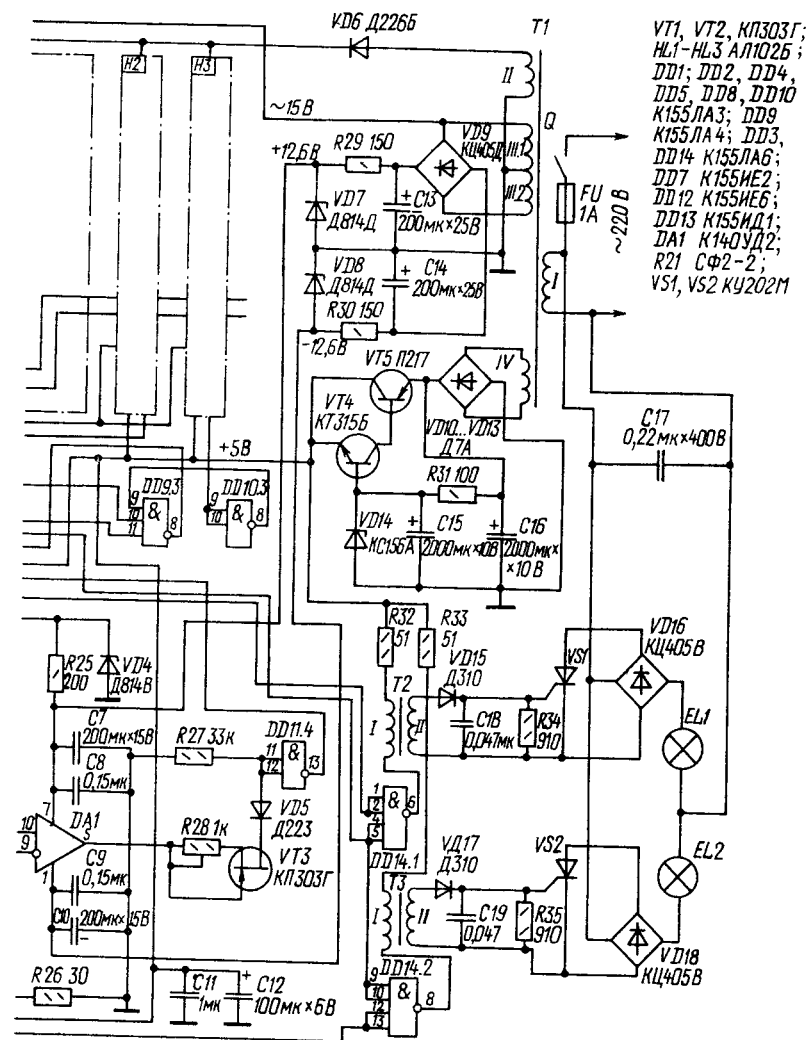


Рис. 41. Полуавтоматический

мирует сигнал низкого уровня, запрещающий прохождение импульсов генератора через элемент DD14.1 — лампа EL1 гаснет. На выходе инвертора DD2.4 сформируется сигнал высокого уровня, который разрешит прохождение импульсов с генератора через элемент DD14.2, в результате чего загорится лампа EL2 фотоувеличителя.



фотоэкспониметр

К входам ОУ DA1 подключены два стабилизатора тока на транзисторах VT1, VT2 и цепи R21, VD3 фотодатчика, коммутируемые инверторами DD11.1... DD11.3.

В режиме "Измерение" инвертор DD11.2 отключает стабилизатор тока на транзисторе VT2 от инвертирующего входа ОУ DA1, а элемент

DD11.3 подключает к этому входу цепь фотодатчика. Одновременно с этим сигналом 1 с выхода элемента *DD4.3* разрешает прямой счет трехразрядному реверсному счетчику блока индикации, а сигнал 0 с выхода элемента *DD4.4* запрещает обратный счет.

На элементах *DD5.1* и *DD5.2* собран триггер Шмитта, который формирует прямоугольные импульсы частотой 50 Гц из синусоидального напряжения частотой питающей сети, снимаемого с обмотки *III.1* трансформатора *T*. В конце каждого положительного полупериода этого напряжения на выходе элемента *DD8.1* формируется спад импульса, который устанавливает счетчики *DD12* блока индикации в нулевое состояние. Триггер *RS* на элементах *DD8.3*, *DD8.4* переключается и разрешает прямой счет и импульсы тактового генератора начинают заполнять счетчик.

Одновременно с этим на выходе инвертора *DD11.1* появляется сигнал высокого уровня и через стабилизатор тока на транзисторе *VT1* начинает заряжаться конденсатор *C5*. Как только напряжение на нем превысит падение напряжения на резисторах *R22*, *R23*, *R26*, на выходе инвертора *DD11.4* будет сформирован сигнал 0. В результате триггер *DD8.3*, *DD8.4* переключится и остановит счет импульсов. В течение следующего полупериода сети табло показывает состояние счетчика.

Время экспонирования определяют следующим образом. Устанавливают негатив в увеличитель и после кадрирования и наводки на резкость вносят фоторезистор в зону "серого тока". Вращением ручек "Грубо" и "Точно" устанавливают на табло контрольное число, соответствующее используемому типу фотобумаги. Поскольку свойства бумаги различного типа существенно отличаются, необходимо будет составить таблицу таких контрольных чисел для наиболее часто используемых типов бумаги. Для индикации полученной выдержки нажимают на кнопку "Стоп". Лампа увеличителя гаснет, а лампа фонаря загорается. Состояние счетчика изменяется, и табло показывает необходимое значение экспозиции. Точность его определения зависит от линейности фоторезистора, а также от точности определения "серого тона".

Для экспонирования фотобумаги нажимают на кнопку "Экспозиция". Через резистор *R8* начинает разряжаться конденсатор *C2*, и через несколько миллисекунд на выходе элемента *DD2.1* сформируется сигнал 0, который переключит триггер *DD2.3*, *DD3.2*, вследствие чего загорится лампа увеличителя, а лампа фонаря гаснет. Когда на входах элемента *DD4.2* сформируется сигнал высокого уровня, он отключит формирователь обнуляющего импульса, а инвертор *DD4.4* разрешит обратный счет.

При достижении нулевого состояния реверсивного счетчика на выходе элемента *DD9.3* сформируется сигнал 0, который переключит триггер *DD2.3*, *DD3.2* в исходное состояние. Лампа увеличителя гаснет, разрешается работа формирователя обнуляющего импульса и начина-

ется прямой счет. Экспонирование может быть повторено необходимое число раз. Прервать процесс экспонирования можно нажатием на кнопку "Стоп".

Для равномерности регулировки в устройстве использованы переменные резисторы (*R22*, *R23*) группы В, конденсатор *C5* — МБМ, светодиоды — любые, желательно красного или оранжевого свечения. Диоды *VD2*, *VD3* выбирают с малым обратным током. Для того чтобы не перегружать элементы *DD14.1*, *DD14.2*, тиристоры должны быть выбраны с током открывания по управляющему электроду не более 30 мА. Транзистор *VT3* подбирают по начальному току стока, равному примерно 3 мА. Фоторезистор СФ2-2 можно заменить на ФП9-2, но тогда сопротивление резисторов *R22*, *R23* необходимо уменьшить в 2...3 раза. Вместо ОУ К140УД2А можно использовать КР544УД1А, КМ551УД1.

Трансформатор *T1* должен иметь выходную мощность 15...20 Вт. Переменное напряжение, снимаемое с обмотки *II*, равно 180...200 В при токе 10...15 мА; с обмотки *III* — 15...17 В при токе 40...50 мА; с обмотки *I* — 7...7,5 В при токе не менее 1 А. Трансформаторы *T2*, *T3* содержат каждый по две одинаковые обмотки по 100 витков, намотанные проводом ПЭВ-2 диаметром 0,1 мм на кольце типоразмера К20 X 12 X 6 из феррита 1000НМ. Размеры кольца и материал не критичны и могут быть произвольными, лишь бы на нем разместились обе обмотки.

Настраивают экспозиметр с помощью обычного авометра. Перед включением устройства подвижный контакт переменных и подстроечных резисторов устанавливают в положение, соответствующее максимальному сопротивлению, выход инвертора *DD11.1* соединяют перемычкой с общим проводом. После этого устанавливают авометр в режим измерения тока и подключают его параллельно диоду *VD5*. Включив экспозиметр и уменьшая сопротивление резистора *R28*, устанавливают ток около 3 мА. На выходе элемента *DD11.4* прибор покажет сигнал высокого уровня.

Подключив авометр параллельно резисторам *R22*, *R23* и уменьшая сопротивление резистора *R20*, устанавливают ток в пределах 25...30 мА. При этом напряжение на инвертирующем входе ОУ будет около 3 В. Удаляют перемычку с выхода элемента *DD11.1* и, уменьшая сопротивление резистора *R18*, добиваются остановки показания цифрового индикатора. Переводят переменные резисторы *R22*, *R23* в положение нулевого сопротивления и перемещают подвижный контакт подстроечного резистора *R24* до появления на табло индикатора показания 0,1, а затем назад, добиваясь нулевого показания.

Проверяют работу счетчика при максимальном сопротивлении резисторов *R22*, *R23*. Если счетчик переполнен и показание цифрового индикатора находится в пределах от 0,0 до 20,0, то надо уменьшать сопротивление резистора *R18* до появления на табло числа 99,9. Если

это не удастся, следует изменить частоту генератора заменой конденсатора $C1$.

Если устройство нечетко входит в режим "Экспонирование", то надо конденсатор $C2$ заменить на другой, большей емкости. На входе элемента $DD2.1$ в течение 2...3 периодов сети, но не более 0,1 с должен быть сигнал 1.

В заключение коротко о том, как составить таблицу контрольных чисел для каждого типа фотобумаги. Сначала на фоторезистор датчика надевают светонепроницаемый чехол. В режиме "Стоп", изменяя небольшими ступенями сопротивление резисторов $R22$, $R23$ от минимума до максимума (показания на табло при этом будут изменяться от 0 до 99,9 с), делают несколько контрольных отпечатков на фотобумаге, например "Унибром", каждый раз нажимая на кнопку "Экспозиция", и записывают показание табло, соответствующее каждому отпечатку.

Выбрав лучший отпечаток, этими же резисторами устанавливают на табло ту экспозицию, которая была записана для этого отпечатка. После этого нажимают на кнопку "Измерение" прибора, снимают чехол с фоторезистора, помещают его в зону "серого тона" проекции негатива и записывают показание табло. Оно и будет контрольным числом для бумаги "Унибром".

Таким же образом определяют контрольное число и для остальных типов фотобумаги. Если для какого-либо типа бумаги контрольное число оказывается близким к нулю, необходимо закрыть фоторезистор полупрозрачной пленкой (например, вырезанной из негатива) и повторить весь процесс.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА В ФОТОГРАФИИ

23. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРЫ

Автоматический терморегулятор, схема которого приведена на рис. 42, позволяет поддерживать температуру фотораствора в пределах 14...35 °С.

Электронагреватель R_H включается в цепь питания через контакты реле $K1$. Необходимую температуру раствора достигают изменением сопротивления переменного резистора $R3$. По мере нагревания раствора сопротивление терморезистора $R2$ уменьшается, вследствие чего увеличивается ток управляющего электрода тиристора VS . Когда раствор

Рис. 42. Автоматический терморегулятор

нагреется до заданной температуры, ток управляющего электрода станет достаточным, чтобы тиристор VS открылся. Через обмотку реле $K1$ потечет ток, реле сработает и его контакты $K1.1$ разорвут цепь питания электронагревателя R_H . При остывании раствора сопротивление терморезистора $R2$ увеличивается, уменьшается ток управляющего электрода тиристора VS , он запирается и реле $K1$ обесточивается. Электронагреватель R_H контактами реле $K1.1$ вновь включается в цепь питания.

Чтобы ток, протекающий через терморезистор, не зависел от колебаний напряжения, ставится стабилизатор $VD2$. В схеме можно применить любой трансформатор, выходное напряжение которого 12 В, и любое реле с рабочим напряжением 12 В, например МКУ-48. Терморезистор $R2$ должен иметь сопротивление 2,7 кОм, при его замене необходимо подобрать сопротивление резистора $R1$.

При обработке цветных фотографий температура раствора должна быть по возможности постоянной. Терморегулятор, схема которого

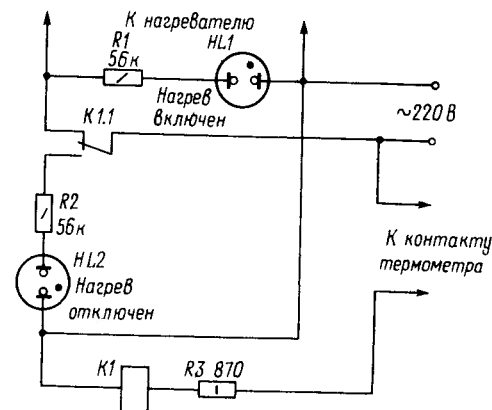
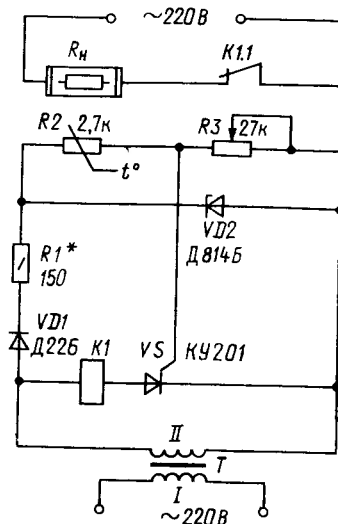


Рис. 43. Автоматический стабилизатор температуры

приведена на рис. 43, позволяет удерживать изменение температуры в пределах $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

К схеме подключается контактный ртутный термометр, обычно применяемый в аквариумах. В исходном состоянии напряжение источника через контакты реле $K1.1$ подается на нагреватель, о чем сигнализирует горящая лампа $HL1$ — "Нагрев включен". Напряжение на нагреватель будет подаваться до тех пор, пока температура раствора не поднимется до уровня, установленного на контактом термометре. При достижении заданной температуры контакты термометра замкнутся, в результате чего сработает реле $K1$, контакты которого $K1.1$ разорвут цепь питания нагревателя и включат сигнализирующую лампу $HL2$ — "Нагрев отключен". При остывании раствора на $0,5^\circ\text{C}$ контакты термометра размыкаются и нагреватель снова включается в цепь питания.

В схеме можно применять любое реле с рабочим напряжением 220 В.

24. ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО

Зарядное устройство (рис. 44, а) предназначено для подзарядки аккумуляторов Д-0,1; Д-0,25; 7Д-0,1 и других. Зарядный ток регулируется резистором $R2$, включенным в цепь базы транзистора VT . В коллекторную цепь транзистора VT включаются аккумуляторы для их подзарядки и светодиод HL , сигнализирующий о протекании зарядного тока.

В схеме может быть использован любой трансформатор, имеющий на выходе напряжение 14...15 В. Вместо светодиода HL можно поставить миллиамперметр с последовательно включенным диодом. Транзистор VT рекомендуется закрепить на небольшом радиаторе. Схема

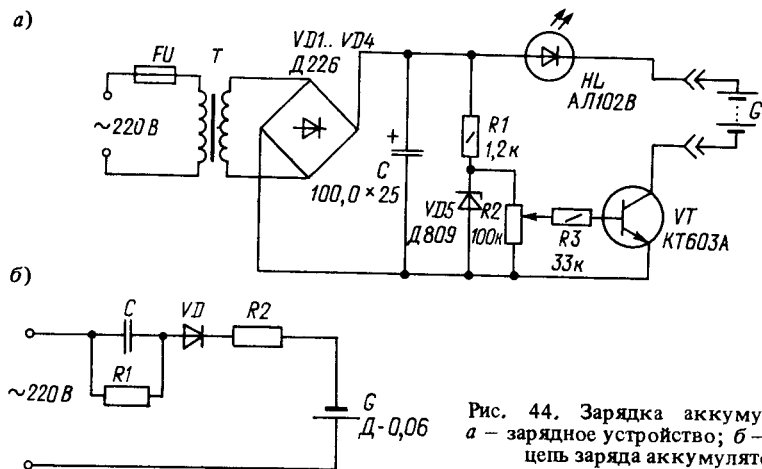


Рис. 44. Зарядка аккумуляторов:
а — зарядное устройство; б — простая
цепь заряда аккумулятора

позволяет одновременно заряжать до десяти аккумуляторов типа Д-0,1 или Д-0,5. Время заряда 15 ч.

На рис. 44, б приведена простая схема подзаряда. Резистор $R2$ необходимо подобрать по току заряда аккумулятора. Можно подобрать несколько резисторов $R2$ и включать тот, который соответствует аккумулятору выбранного типа.

Схема включается в сеть только при подключенном аккумуляторе. В ней отсутствует трансформатор и поэтому необходимо предусмотреть все возможные меры предосторожности при работе с электрическим током.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П. 1

Старый ГОСТ	Число светочувствительности		
	Единица измерения		
	Новый ГОСТ 10691-84/ /ISO, ASA	ISO/ISO°	DIN
1,4	1,6	1,6/3	3
(2)	2	2/4	4
—	2,5	2,5/5	5
2,8	3	3/6	6
(4)	4	4/7	7
—	5	5/8	8
5,5	6	6/9	9
(8)	8	8/10	10
—	10	10/11	11
11	12	12/12	12
(16)	16	16/13	13
—	20	20/14	14
22	25	25/15	15
(32)	32	32/16	16
—	40	40/17	17
45	50	50/18	18
(65)	64	64/19	19
—	80	80/20	20
90	100	100/21	21
(130)	125	125/22	22
—	160	160/23	23
180	200	200/24	24
(250)	250	250/25	25
—	320	320/26	26

Старый ГОСТ	Единица измерения		
	Новый ГОСТ 10691-84/ /ISO, ASA	ISO/ISO°	DIN
350	400	400/27	27
(500)	500	500/28	28
—	640	640/29	29
700	800	800/30	30
(1000)	1000	1000/31	31

Примечание. В скобках даны старые числа ГОСТ, не имеющие точного эквивалента ни в одной системе чисел светочувствительности.

Тип прибора	$P_{\text{макс}}$, мВт	$P_{\text{раб}}$, В	$P_{\text{макс}}$, В	R_T , МОм	$I_{\text{св}}$, мкА	I_T , мкА	$\tau_{\text{сп}}$, мс	$\tau_{\text{кр}}$, мс	$\lambda_{\text{макс}}$, мкм
ФСК-1Б	12,5	2,5	—	0,18	250	13	130	150	0,6
ФСК-2	125	50	—	3,3	300	15	140	140	0,6
ФСК-2А	125	50	—	3,3	300	15	140	140	0,6
ФСК-4А	100	50	—	—	700	35	120	140	0,6
ФСК-5	0,025	25	60	5	83	5	—	—	0,6
ФСК-6	125	50	220	3,3	1500	15	140	140	0,6
ФСК-7А	350	50	200	0,5	350	100	200	200	0,6
ФСК-7Б	350	10	100	0,1	800	1	200	200	0,6

Таблица П.2

Таблица П.2

Фоторезисторы

Тип прибора	$P_{\text{макс}}$, мВт	$P_{\text{раб}}$, В	$P_{\text{макс}}$, В	R_T , МОм	$I_{\text{св}}$, мкА	I_T , мкА	$\tau_{\text{сп}}$, мс	$\tau_{\text{кр}}$, мс	$\lambda_{\text{макс}}$, мкм
СФ2-1	10	15	15	15	500	1	40	90	0,65
СФ2-2	50	2	5	1	500	2	50	100	0,63
СФ2-5	25	1,3	10	1	500	1,3	80	80	0,55
СФ2-6	50	3	25	—	200	2	90	90	0,55
СФ2-12	10	15	50	15	200 ... 1200	0,3	25	25	0,54
СФ2-16	10	10	10	3,3	300	3	50	50	0,54
СФ2-18	50	100	100	10	500	—	10	10	0,3
СФ2-19	50	5	5	0,25	1000	—	10	10	0,3
СФ3-1	10	15	15	30	750	0,5	20	60	0,79
СФ3-2А	50	10	30	5	3000	2	20	20	0,77 ... 0,67
СФ3-2Б	50	10	30	1000	1500	0,01	8	8	0,77 ... 0,67
СФ3-4А	25	1,5	5	1	2000	1,5	20	20	0,77 ... 0,67
СФ3-4Б	25	1,5	5	100	1200	0,015	8	8	0,77 ... 0,67
СФ3-7А	50	20	20	20	2000	1	20	20	0,77 ... 0,67
СФ3-7Б	50	20	50	2000	1200	0,01	8	8	0,77 ... 0,67
СФ3-9А	100	50	100	50	2000	1	20	20	0,77 ... 0,67
СФ3-9Б	100	50	100	5000	1000	0,01	8	8	0,77 ... 0,67
СФ3-10А	25	10	20	—	700	0,5	12	12	0,72
СФ3-10Б	25	10	20	—	700	0,5	12	12	0,72
СФ3-10В	25	10	20	—	700	0,5	12	12	0,72
СФ3-11	0,5	2	2	5000	20	—	3	6	0,77 ... 0,67
СФ3-12	10	1,5	—	—	150	1	3	1,5	0,9
СФ3-16	10	10	20	10	500	1	20	20	0,77 ... 0,67
ФСК-1	125	50	—	3,3	1500	15	130	150	0,6
ФСК-1А	125	50	—	3,3	1500	15	130	150	0,6

Фотодиоды

Тип прибора	$U_{\text{раб}}$, В	$I_{\text{св}}$, мкА	I_T , мкА $t = 20^\circ\text{C}$	I_T , мкА $t_{\text{макс}}$	S_λ , мкА/лк	τ , мкс	$U_{\text{макс}}$, В	$P_{\text{макс}}$, мВт	$t_{\text{макс}}$, °C
ФД-3	10	—	10	100	$7,5 \cdot 10^{-3}$	—	10	—	60
ФД-3А	10	—	10	65	$3,74 \cdot 10^{-2}$	5	10	—	60
ФД-5Г	15	125	8	40	10^{-2}	30	15	20	50
ФД-6Г	10	—	13	—	$7,5 \cdot 10^{-3}$	5	10	—	60
ФД-6К	20	—	1	7	$1,4 \cdot 10^{-2}$	—	20	—	75
ФД-8К (гр. 1)	20	—	1,3	4	$8 \cdot 10^{-3}$	7,5	30	—	80
ФД-8К (гр. 2)	0	—	2	30	$8 \cdot 10^{-3}$	12	0	—	80
ФД-9Э111А	10	—	10	80	$17 \cdot 10^{-3}$	0,12	15	50	60
ФД-9Э111Б	10	—	20	—	$17 \cdot 10^{-3}$	0,12	15	50	60
ФД-9Э111Г	10	—	25	—	—	0,25	15	—	60

Примечания: 1. Для фотодиодов ФД-8К максимум спектральной фоточувствительности находится в видимой области, для остальных — в области инфракрасного излучения. 2. Основное назначение фотодиода ФД-8К (гр. 2) — работа в вентильном режиме. 3. В таблицах приложения применены следующие обозначения: $U_{\text{раб}}$ — рабочее напряжение; $P_{\text{макс}}$ — максимально допустимая мощность рассеяния; $U_{\text{макс}}$ — максимально допустимое рабочее напряжение; R_T — темновое сопротивление; $I_{\text{св}}$ — световой ток; I_T — темновой ток; $\tau_{\text{сп}}$ — время спада тока при выключении; $\tau_{\text{пр}}$ — время нарастания тока при включении; $\lambda_{\text{макс}}$ — максимум спектральной фоточувствительности; S_λ — интегральная токовая чувствительность.

- 1 Шабельников И. Лампа вспышка универсальная с блоком автоматики на транзисторах // Радио, 1975 № 2 С 46–47
- 2 Цаплин Д. Стабилизатор энергии вспышки // Радио, 1988 № 11 С 25
- 3 Станиславский С. Размножитель синхроконтakta // Советское фото 1984 № 8 С 43
- 4 Станиславский С., Тергулов Г. Автоматизация в фотовспышках // Советское фото 1981 № 6 С 38–41
- 5 Голубев О. Фотовспышка-автомат // Радио 1987 № 8 С 40
- 6 Четверик В. Лампа вспышка на тиристорах // Радио 1975 № 2 С 46
- 7 Калашник В. Сетевая фотовспышка // Радио 1986 № 9 С 31
- 8 Пролыгин В. Реле времени для фотопечати со звуковой индикацией интервалов // Радио 1978 № 6 С 26–27
- 9 Мартынова Н., Чикваидзе Е. Бесконтактное реле времени // Радио 1982 № 5 С 30–32
- 10 Яковлев Е. Фотоэкспозиметр // Радио 1979 № 1 С 49
- 11 Конягин Б. Реле времени на ОУ // Радио 1982 № 11 С 29
- 12 Шестаков А. Реле времени // Радио 1985 № 4 С 27
- 13 Агишев В. Реле времени с внешним резонатором // Радио 1989 № 2 С 64
- 14 Дробница Н. Фотоэкспозиметр на транзисторах // Радио 1976 № 9 С 26–27
- 15 Светлаков Л. Без проб и ошибок // Моделист-конструктор 1978 № 7 С 44
- 16 Чиричкин Н. Полуавтоматический фотоэкспозиметр // Радио 1988 № 2 С 53–56
- 17 Евсеев А. Н. Реле времени на ИМС // Моделист конструктор, 1982, № 9, С 37–38

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
ГЛАВА ПЕРВАЯ. ЭЛЕКТРОННЫЕ ФОТОВСПЫШКИ	5
1 Принцип работы фотовспышки	—
2 Технические показатели фотовспышек	7
3 Источники электропитания фотовспышек	10
4 Фотовспышки	13
5 Стабилизация энергии вспышки	19
6 Особенности синхронизации	25
7 Синхронизация нескольких фотовспышек	26
8 Автоматизация в фотовспышках	30
9 Фотовспышки без накопительного конденсатора	42
ГЛАВА ВТОРАЯ ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ	46
10 Общие сведения	—
11 Реле времени со звуковой индикацией	48
12 Бесконтактное реле времени	52
13 Реле времени со стабилизацией экспозиции	55
14 Реле времени на операционном усилителе	59
15 Реле времени на логических элементах	63
16 Реле времени с цифровой индикацией	67
17 Реле времени с внешним резонатором	72
ГЛАВА ТРЕТЬЯ. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИ ФОТОПЕЧАТИ	75
18 Экспозиция при фотопечати	—
19 Экспозиметр для фотопечати "Фотон 1"	76
20 Экспозиметр на транзисторах	77
21 Экспозиметр с автоматической установкой выдержки	81
22 Полуавтоматический фотоэкспозиметр	85
ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА В ФОТОГРАФИИ	90
23 Автоматические терморегуляторы	—
24 Зарядное устройство	92
Приложение	93
Список литературы	96